

## Keskijännitejakeluverkon kaukokäyttöjärjestelmän päivitys

Pasi Tainio

Opinnäytetyö  
Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisala  
Sähkötekniikka  
Insinööri (AMK)

2014

Teollisuuden ja luonnonvarojen  
osaamisala  
Sähkötekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Pasi Tainio	<b>Vuosi</b>	2014
<b>Ohjaaja</b>	Aila Petäjäjärvi, insinööri		
<b>Toimeksiantaja</b>	Keminmaan Energia Oy		
<b>Työn nimi</b>	Keskijännitejakeluverkon kaukokäyttöjärjestelmän päivitys		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	62 + 10		

---

Työn aiheena oli keskijännitejakeluverkon kaukokäyttöjärjestelmän päivitys. Työn tavoitteena oli tehdä tarpeellinen selvitys- ja dokumentointityö erotinala- asemista sekä hoitaa järjestelmän päivityksen vaatimat käytännön järjestelyt. Työ tehtiin Keminmaan Energia Oy:lle 2013 syksyllä sekä 2014 loppukesällä. Vastasin projektin käytännön järjestelyistä sekä osallistuin työn vaatimiin asennustehtäviin.

Opinnäytetyön teoria osassa käsiteltiin keskijännitejakelujärjestelmän perusteita, vikatapauksia ja niiden suojausta sekä keskijännitejakeluverkkoon toimintavarmuuteen liittyviä vaatimuksia. Myös kaukokäyttöjärjestelmään liittyvät kauko-ohjatut erotinasemat ja niiden rakenne esiteltiin. Työn toteutuksen esittelyssä käsiteltiin Keminmaan Energia Oy:n verkon topologia, kaukokäyttöjärjestelmä sekä ala-asemien päivitykseen liittyvät seikat. Lähdemateriaalina käytettiin alan kirjallisuutta sekä suosituksia. Päivitykseen liittyvät materiaalit ja dokumentit saatiin laitetoimittajilta.

Työ oli haastava, ja sen toteuttaminen oli pitkäjänteinen prosessi. Vaikeuksista huolimatta päästiin toivottuun lopputulokseen. Lopputuloksena saatiin päivitetty erotinala-asemat, uusi radiojärjestelmä hallintatyökaluineen sekä ajantasainen dokumentaatio. Päivitetty radiojärjestelmä antaa lisää mahdollisuuksia verkon kehittämiseen sekä radiojärjestelmän joustavuuden huomioimisella voidaan saavuttaa myös kustannussäästöjä tavoiteltaessa uuden sähkömarkkinalain asettamia toimitusvarmuuskriteereitä.

Avainsanat: sähköjakelu, kauko-ohjaus, kytkinasemat, tietoliikenneverkot, elektroniikka, päivitys

School of Industry and Natural Resources  
Electrical Engineering

---

<b>Author</b>	Pasi Tainio	<b>Year</b>	2014
<b>Supervisor(s)</b>	Aila Petäjäjärvi, B.Sc. (Tech.)		
<b>Commissioned by</b>	Keminmaan Energia Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Medium Voltage Distribution Network's Remote Control System Update		
<b>Number of pages</b>	62 + 10		

---

The object of this thesis was to update remote control system of the medium voltage distribution network. The aim of the work was to make necessary surveys and documentation from used switching substations and make arrangements to accomplish the update project. The project was commissioned by Keminmaan Energia Oy between autumn 2013 and end of the summer 2014. I was responsible for the arrangements and also attended in needed installations at the substations.

Subjects such as basis of electric distribution network, fault cases, network protection and supply continuity criterion are discussed in theory part of thesis. Switching substations and their components are also presented. Keminmaan Energia Oy's distribution network, remote control system and update process are presented in work specification part. Field-specific literature and recommendations were used as source material. Documentation and manuals needed in installing and handling the updated components were got from hardware suppliers.

The project was a demanding long-term process. Despite the faced difficulties the project was successful. Updated substation electronics, new telecommunication system with its management software and up-to-date documentation were the outcome of the project. Updated remote control system gives opportunities to develop distribution network and save costs in reaching new supply continuity criterion.

**Key words** electricity supply, remote control, switching substations, telecommunication networks, electronics, update

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
1.1	Opinnäytetyön esittely.....	8
1.2	Keminmaan Energia Oy .....	9
2	SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ.....	11
2.1	Keskijännitejakeluverkko.....	13
2.2	Tyypillisimmät vikatapaukset .....	14
2.2.1	Oikosulut .....	16
2.2.2	Maasulut.....	18
2.3	Jakeluverkon suojaus .....	22
2.3.1	Oikosulkusuojaus .....	23
2.3.2	Maasulkusuojaus.....	23
2.3.3	Jälleenkytkennät.....	24
2.4	Toimitusvarmuus .....	25
2.4.1	Toimitusvarmuuden tunnusluvut.....	26
2.4.2	Toimitusvarmuuden kehittäminen.....	27
2.5	Käytönvalvontajärjestelmä .....	29
2.6	Kaukokäytettävien erotinasemien rakenne .....	30
3	KEMINMAAN ENERGIA OY:N KESKIJÄNNITEVERKKO .....	33
3.1	Topologia .....	33
3.2	Yleiset vikatapaukset .....	35
3.3	Kaukokäyttöjärjestelmä.....	36
4	KAUKOKÄYTTÖJÄRJESTELMÄN PÄIVITYS.....	38
4.1	Selvitystyöt.....	39
4.2	Päivitettävät ala-asemat.....	40
4.2.1	RTU 4.....	41
4.2.2	DTU 1 ja DTU 4.....	42
4.2.3	RTU 40.....	43
4.2.4	Pylväskatkaisija .....	44
4.3	Asemapäivitykset.....	45
4.3.1	RTU 4 korvaaja KU 40 .....	45
4.3.2	DTU 1 ja 4 korvaaja KU 47.....	46
4.3.3	RTU 40 ja pylväskatkaisijan ala-aseman päivitys.....	47

4.3.4	Asemien parametointi .....	48
4.4	Radiojärjestelmä .....	49
4.4.1	IEC-101 protokolla.....	51
4.4.2	Radiomodeemit .....	51
4.4.3	Radioverkonhallintaohjelma .....	52
4.4.4	Radioliikenteen monitorointi .....	53
4.5	SCADA-muutokset.....	54
4.6	Dokumentointi.....	56
5	POHDINTA .....	58
	LÄHTEET .....	61
	LIITTEET .....	62

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Keminmaan Energia Oy:n henkilöstöä työn onnistumisesta sekä erityisesti toimitusjohtaja Janne Rouvista päivitysprojektin luottamisesta käsiini. Kiitokset on ansainnut myös opettaja Aila Petäjäjärvi opinnäytetyön ohjaamisesta. Perheelleni osoitan parhaimmat kiitokset tuesta ja kannustamisesta työn tekemiseen.

Kemissä 26.11.2014

Pasi Tainio

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KPA	Kiinteä polttoaine
IEC	International Electrotechnical Commission
IEC-101	kaukokäyttökommunikaatioprotokolla
ANSI	American National Standards Institute
ANSI x3.28	kaukokäyttökommunikaatioprotokolla
DTU	Disconnecter Terminal Unit
RTU	Remote Terminal Unit
NMS	Network Management System
EA	kaukokäyttöinen erotinasema
AJK	aikajälleenkytkentä
PJK	pikajälleenkytkentä
MAIFI	Momentary Average Interruption Frequency Index
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index
CAIDI	Customer Average Interruption Duration Index
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
RVS	Radioverkkosuunnitelma
RSSI	Vastaanotetun signaalin voimakkuus
DMS	Data Management System

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Opinnäytetyön esittely

Opinnäytetyö toteutetaan Keminmaan Energia Oy:n projektissa, missä kartoitetaan kaukokäyttöjärjestelmän päivittämisen vaihtoehdot. Projektissa päädytään päivittämään kaukokäyttöjärjestelmä radioliikennöinnin osalta. Radioliikennöinnin vaihtaminen ANSI x3.28 protokollasta IEC-101 protokollaan tarkoittaa radiojärjestelmän uusimisen lisäksi myös suurimman osan 1990-luvun alussa käytössä olleen järjestelmän erotinala-asemien elektroniikkojen vaihtamista.

Opinnäytetyön aihe kehkeytyi työn tekemisen ohessa. Aloitin kyseisen projektin parissa työskentelemisen syksyllä 2013, tuotantopainotteisen harjoittelujakson aikana. Kun sain tietää, että projekti jatkuu osaltani myös kesällä 2014, oli selvää että, teen aiheesta myös opinnäytetyöni. Etuna oli se, että pitempiaikainen projektin parissa työskentely antoi hyvät lähtökohdat sekä työn tekemiseen että työvaiheiden tarkempaan tarkasteluun. Kuitenkin työn aiheen rajausta määriteltäessä kaukokäyttöjärjestelmän liikennöintimuutosten tekeminen rajattiin työn ulkopuolelle.

Opinnäytetyön aiheeksi muodostui lopulta päivitysprojektin käytännön järjestelyiden tekeminen sekä dokumentointi, sillä vastasin edellä mainittujen asioiden hoitamisesta. Tavoitteeksi asetettiin päivityksen olevan käyttöönottovaiheessa elokuun 2014 loppuun mennessä, ja tuolloin tulisi olla myös tarvittava aiheeseen liittyvä dokumentointi valmiina. Asetetut tavoitteet olivat realistisia ja ne saavutettiin hyvin.

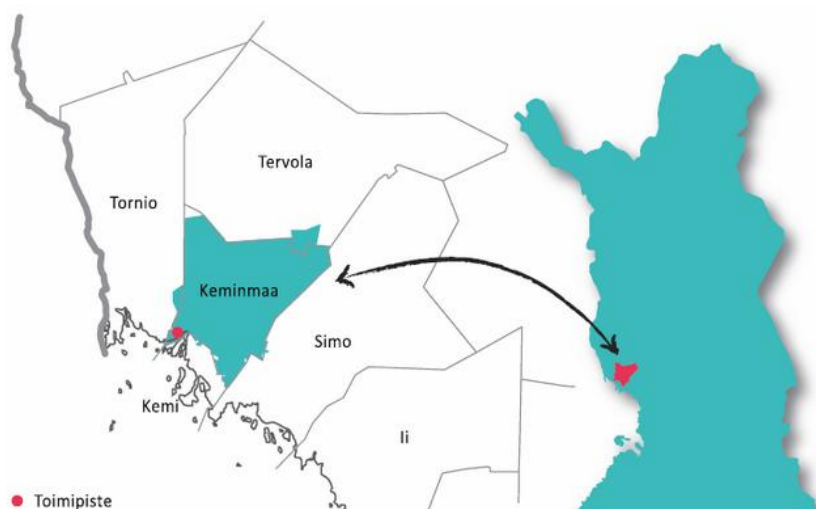
Opinnäytetyössä käsitellään keskijännitejakeluverkkojen perusteita sekä projektiin läheisesti liittyvien kaukokäyttöisten erotinasemien rakennetta. Myös toimitusvarmuuteen liittyviä seikkoja esitellään, sillä uusi sähkömarkkinalaki astui voimaan 1.9.2013 asettaen uudet kriteerit jakeluverkkojen toimitusvarmuudesta ja päivityksen kohteena oleva kaukokäyttöjärjestelmä linkittyy aiheeseen hyvin.



kin laajasti. Lopuksi esitellään projektin vaiheet aina esiselvitystehtävistä asennuksiin sekä työn dokumentointiin.

## 1.2 Keminmaan Energia Oy

Keminmaan Energia Oy on Keminmaan kunnan alueella toimiva energiayhtiö, jonka liiketoimintoja ovat 20/0,4 kV sähköjakelu sekä kaukolämmön tuotanto ja toimittaminen. Sähköjakelualue kattaa Keminmaan kunnan sekä pieniä osia Tervolan ja Tornion kunnan alueelta, liittymämäärän ollessa n. 5200 kpl. Kuvas-  
sa 1 esitetään Keminmaan Energia Oy:n maantieteellinen sijainti sekä jakelu-  
alue. Kaukolämpöä tuotetaan n. 98 %:sti kotimaisilla puu- ja turvepolttoaineilla  
KPA-lämpökeskuksessa. Kaukolämpöverkkoon liittyneitä asiakkaita on n. 200  
kpl. (Keminmaan Energia Oy 2014.)



Kuva 1. Keminmaan Energia Oy:n jakelualue. (Keminmaan Energia Oy 2014.)

Keminmaan Energia on 100 % Keminmaan kunnan omistama osakeyhtiö. Keminmaan Energia Oy omistaa Lapin sähkövoima Oy:stä 3,504 %, Oulun sähkömyynti Oy:stä 4,3 % sekä Pohjois-Suomen Voima Oy:stä 6,89 %. Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2013 n. 4,3 miljoonaa euroa. Sähköverkkotoiminnan liikevaihto oli n. 2 miljoonaa ja kaukolämpötoiminnan n. 1,5 miljoonaa euroa. (Keminmaan Energia Oy 2014.)

Yhtiön tavoitteena on taata luotettava sähkönjakelu pitkälle tulevaisuuteen, ja sähköverkon kehittämisen pääpaino on toimitusvarmuuteen liittyvissä seikoissa sekä verkon iän tuomissa kehittämistarpeissa. Myös kaukolämpötoiminnan kehittyminen pyritään takaamaan, keskittymällä lämpöverkon laajentamiseen kysyntää vastaavaksi sekä varautumalla lämpökeskusten uudistamisinvestointeihin. Lisäksi yhtiö pyrkii vahvistamaan sähköntuotanto-osuuksiaan sekä edistämään hiilidioksidivapaata sähköntuotantoa. (Keminmaan Energia Oy 2014.)

## 2 SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ

Keskijänniteverkko on sähköjakelujärjestelmän osa. Järjestelmän tehtävänä on siirtää sähköenergiansiirtojärjestelmästä (kantaverkko) tuleva tai jakeluverkkoon syöttävien tuotantolaitosten tuottama teho loppukäyttäjille. Sähkönjakelujärjestelmän osia ovat alueverkko ja sähköasemat, keskijänniteverkko ja jakelumuuntamot sekä pienjänniteverkko. (Lakervi & Partanen 2008, 11.)

Suomessa jännitetasot ovat alueverkoissa yleensä 110 kV tai 45 kV. Sähköasemilla alueverkon jännitetaso muunnetaan keskijänniteverkon jännitetasoon, joka on yleensä 20 kV, mutta myös 10 kV jännitettä käytetään. Jakelumuuntajilla keskijännite muunnetaan pienjänniteverkkoon sopivaksi 0,4 kV jännitteeksi. (Lakervi & Partanen 2008, 11.)

Sähkönjakelujärjestelmään on sidottuna suuri määrä pääomaa. Suomen jakelujärjestelmän jälleenhankinta arvo (2007) on n. 12 miljardia euroa. Jakelujärjestelmä koostuu useista ns. primäärikomponenteista, joita ovat mm. johdot, sähköasemat ja muuntamot. Suomen jakelujärjestelmässä on n. 800 sähköasemaa, 150 000 km keskijännitejohtoa, 100 000 jakelumuuntamoja sekä 200 000 km pienjännitejohtoa. (Lakervi & Partanen 2008, 11.)

Jakelujärjestelmän primäärikomponenttien lisäksi järjestelmän merkittävänä osana on sekundäärilaitteita ja -järjestelmiä. Näitä ovat sähköasemilla suojareleet apujännitejärjestelmineen, käyttökeskuksissa käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät. Lisäksi sekundäärisiä järjestelmiä ovat erilaiset tiedonsiirtojärjestelmät ja laajat asiakas- ja verkkotietojärjestelmät. (Lakervi & Partanen 2008, 11.) Kuvassa 2 on eräs jakelumuuntamo ja kauko-ohjattava erotinasema. Kyseinen erotin voisi hyvin toimia esim. eri sähköasemilta syöttävien lähtöjen jakorajaerottimena.



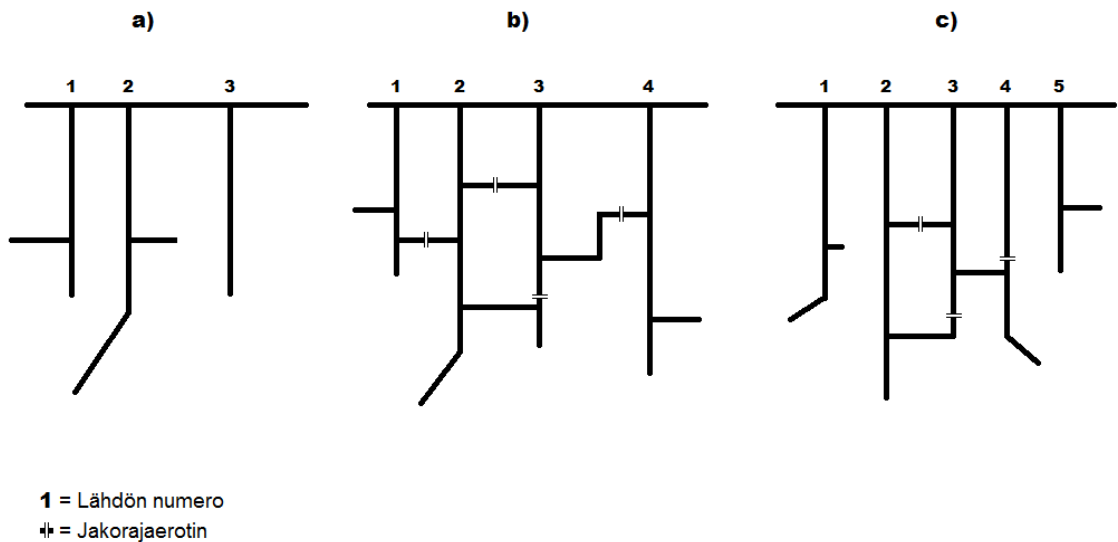
Kuva 2. Pylväsmuuntamo sekä erotinasema.

Jakeluverkot rakennetaan mahdollisuuksien mukaan silmukoiduksi verkoksi, mutta lähes poikkeuksetta verkkoa käytetään säteittäisesti, eli avoimina renkaina. Jakorajoina toimivat käsikäyttöiset erottimet tai yhä enenevässä määrin kauko-ohjauksessa olevat erottimet. Säteittäinen käyttö mahdollistaa yksinkertaisemmat suojaus- ja jännitteensäätömenetelmät, mutta rengaskäytössä häviöt olisivat pienemmät. Hajautetun sähköntuotannon lisääntyminen puoltaakin jakeluverkkojen rengaskäyttöä. (Lakervi & Partanen 2008, 13.)

## 2.1 Keskijännitejakeluverkko

Jännitetaso keskijännitteellä on Suomessa yleensä 20 kV. Verkko on joko maasta erotettu tai sammutuskuristimen kautta sammutettu verkko. Keskijännitejohdot lähtevät (lähdöt) sähköasemalta, jossa niiden alkupäässä on katkaisija sekä suojareleistys. Suojareleistysenä käytetään ylivirta- maasulku- ja jälleenytkentäreleitä. Lähdöllä voi olla myös muita katkaisijoita esim. haarajohtojen alkupäässä. Tällöin suojauksen selektiivisyys on tarkasteltava erikseen. (Lakervi & Partanen 2008, 125.)

Maaseudulla keskijänniteverkot on pääosin rakennettu säteittäiseksi ilmajohtoverkoksi. Taajamissa ja kaupunkialueella kaapeloidut verkot on pyritty rakentamaan silmukoiduksi verkoksi käyttövarmuuden parantamiseksi. Kaupunkialueella, missä kulutuskin on suurempaa, silmukoitu verkko on kannattavampi kuin taajama-alueiden ulkopuolella. (Lakervi & Partanen 2008, 125.) Kuvassa 3 on esitetty periaatteelliset kuvat erilaisista verkkotopologioista.

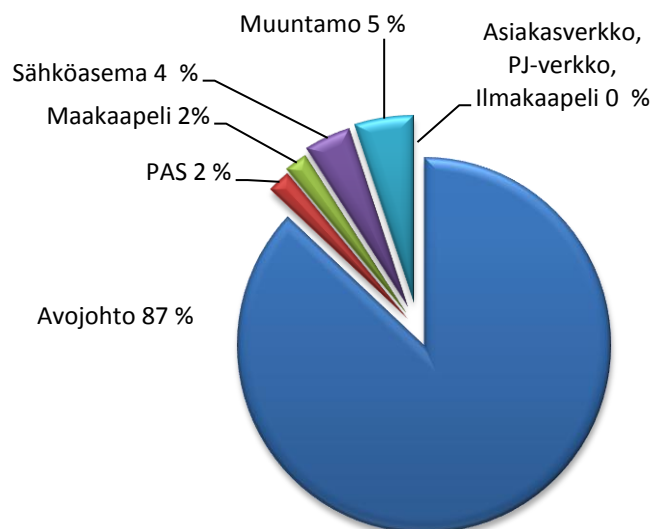


Kuva 3. Tyypillisiä verkkotopologioita. a) säteittäisverkko, b) silmukoitu verkko, c) edellisten yhdistelmä.

## 2.2 Tyypillisimmät vikatapaukset

Keskijänniteverkko ja sen rakenne vaikuttaa ratkaisevasti sähkön toimitusvarmuuteen. Yli 90 % kaikista loppukäyttäjien kokemista jakelukeskeytyksistä johtuu keskijänniteverkossa tapahtuvista vioista. (Lakervi & Partanen 2008, 125.) Vikoja ovat yleisesti erilaiset avojohtoverkon viat. Asiakkaiden kokemista jakelukeskeytyksistä 89 % johtui ilmajohtoverkon viasta, mikä voidaan todeta kaaviosta 1. Jakelukeskeytyksen aiheuttaneista vioista yli puolet pystyttiin kuitenkin selvittämään pika- tai aikajälleenkytkennöillä. Tyypillinen vian aiheuttaja on ilmastollinen syy, kuten tuuli ja myrsky, lumikuorma tai ukkonen (n. 40 % kaikista vioista). Kaapeloiduilla alueilla viat johtuvat usein teknisistä syistä, kuten käyttö- tai rakennevirheestä. (Energiateollisuus 2014.)

Kaavio 1. Keskeytysmäärän jakauma vian sijainnin perusteella. (Energiateollisuus 2014)

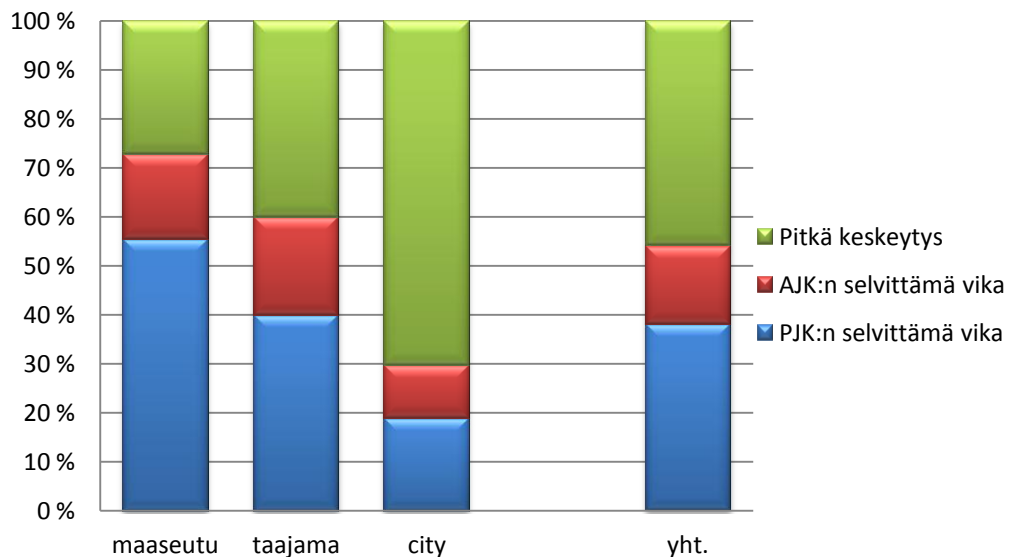


Koska suurin osa Suomen jakeluverkoista on avojohtoa (Energiavirasto 2014.), myös suurin osa vikakeskeytyksistä aiheutuu avojohtoverkossa. Avojohtoverkot ovatkin alttiita ilmastollisille vioille, sillä usein 1950–1970 luvuilla rakennetut johto-osuudet on rakennettu metsään. Syy tähän on ollut lyhyemmät johtopituudet ja jopa maisemalliset syyt. Sähkön toimitusvarmuus ei ole ollut vielä tuolloin määräävä reunaehto. (Lakervi & Partanen 2008, 143.)

1.9.2013 voimaan tullut uusi sähkömarkkinalaki tiukentaa vaatimuksia sähkön toimitusvarmuuteen liittyen. Tästä johtuen johtojen saneerauksien ja uudisrakentamisen yhteydessä tullaan siirtymään säävarmempisiin ratkaisuihin. Ratkaisuja ovat johtokatuja siirtäminen teidenvarsille, kaapelointi sekä varayhteyksien rakentaminen. Myös verkostoautomaatiota ja kaukokäyttöä tullaan sekä lisäämään että tehostamaan.

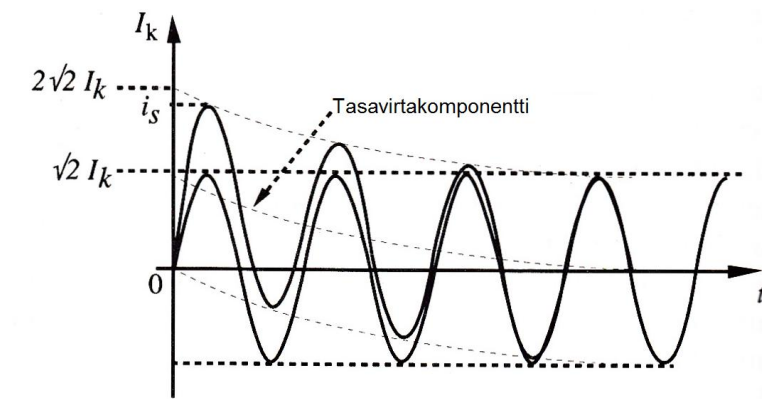
Vaikka avojohtoverkko on vika-altis, viat ovat usein lyhyitä, ohimeneviä vikoja. Viat saadaan usein selvitettyä johtolähtöjen suojaukseen liittyvien jälleenkytkentöjen avulla, jolloin keskeytysaika jää suhteellisen lyhyeksi. Suojauksen asetuista riippuen jälleenkytkennöillä selvitettyjen vikojen keskeytys aika jää 0,3 s – 3 min mittaiseksi. Kaaviossa 2 on esitetty jälleenkytkentöjen selvittämät vikamäärät suhteessa kaikkiin keskeytyksen aiheuttaneisiin vikoihin. (Energiateollisuus 2014; Aura & Tonteri 1993, 175.)

Kaavio 2. Jälleenkytkentöjen selvittämät viat kaikista vikakeskeytyksistä. (Energiateollisuus 2014.)



### 2.2.1 Oikosulut

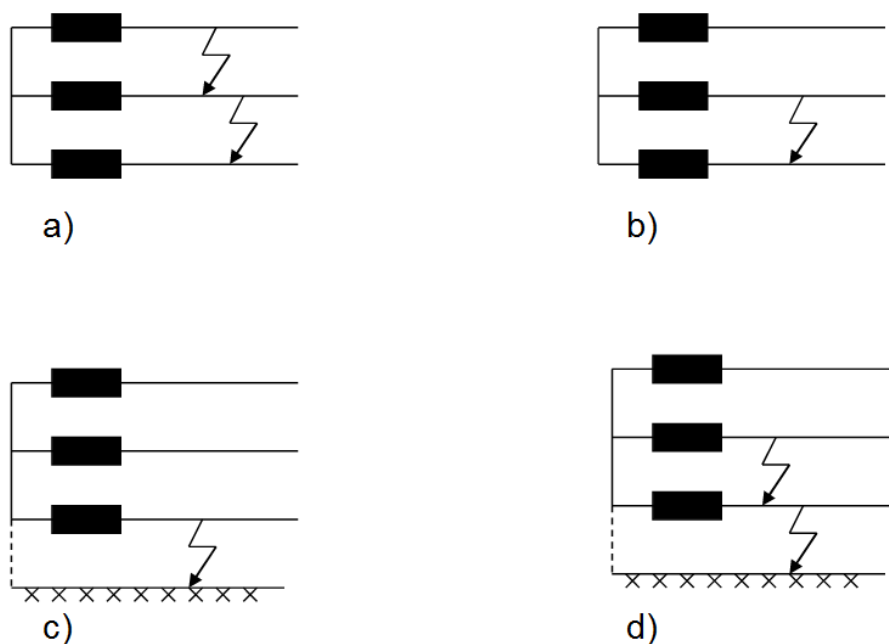
Sähköverkon kannalta haitallisin ja eniten rasitusta aiheuttava vika on kolmivaiheinen oikosulku. Erilaisia oikosulkutapauksia on havainnollistettu kuvassa 5. Nollaresistanssinen kolmivaiheinen oikosulku voi aiheuttaa jopa 30 – 40 kertaisia virtoja nimelliseen verrattuna, ja voi näin vioittaa verkon komponentteja. Tämän vuoksi oikosulut tulee poistaa nopeasti verkosta. Kolmivaiheisen oikosulun aiheuttama vikavirta voi olla joko symmetrinen tai epäsymmetrinen, riippuen vian alkuhetken tilanteesta. Symmetrinen vikavirta syntyy, kun oikosulku tapahtuu jännitteen huippuarvon hetkellä. Kuvassa 4 on symmetrisen sekä epäsymmetrisen oikosulkuvirran kuvaaja. (Aura & Tonteri 1993, 159–160.)



Kuva 4. Oikosulkuvirta symmetrisessä ja epäsymmetrisessä oikosulussa. (Aura & Tonteri 1993.)

Yleensä oikosulun aiheuttamat virrat ovat symmetrisen ja epäsymmetrisen vikavirran sattumanvaraisia välimuotoja. Oikosulku generoi verkkoon tasavirtakomponentin, jonka suuruus riippuu oikosulun alkuhetkestä. Oikosulkuvirta summaantuu kuormitusvirtaan, mutta laskennoissa laskettava johto oletetaan yleensä tyhjäkäyväksi. (Aura & Tonteri 1993, 159–160.)





Kuva 5. Tyypillisiä vikatilanteita. a) kolmevaiheinen oikosulku, b) kaksivaiheinen oikosulku, c) yksivaiheinen maasulku, d) kaksivaiheinen maaosulku (Lappeenrannan teknillisen yliopiston opintomateriaali 2014.)

Epäsymmetrinen oikosulku on joko yksivaiheinen, kaksivaiheinen oikosulku tai näiden yhdistelmä. Epäsymmetristen oikosulkujen laskemisessa käytetään soveltaen symmetristen oikosulkujen menetelmiä. Yksivaiheisesta oikosulusta puhutaan, kun verkko on jäykästi maadoitettu. Maasta erotetuissa tai sammutuskuristimen kautta sammutetuissa verkoissa puhutaan maasuluista. (Aura & Tonteri 1993, 162–163.)

Symmetrinen oikosulkuvirta  $I_k$  voidaan laskea Thevenin menetelmän avulla, yhtälöstä

$$I_k = \frac{U_v}{Z_f + Z_i}, \quad (1)$$

missä

$U_v$	on	vikakohdan jännite ennen vikaa
$Z_i$	on	impedanssi vikakohdasta laskettuna
$Z_f$	on	vikaimpedanssi.

Epäsymmetrisen oikosulkuvirran arvo hetkellä  $t = 0$  saadaan kertomalla symmetrisen oikosulkuvirran tehollisarvo  $I_k$  luvulla  $2\sqrt{2}$  (kuva 4). Sysäysoikosulkuvirta  $i_s$  on laskettua arvoa hieman pienempi ja se saadaan korvaten kerroin 2 luvulla 1,8.  $i_s$  saadaan yhtälöstä

$$i_s = 1,8\sqrt{2}I_k \approx 2,5I_k \quad (2)$$

Mikäli oikosulku tapahtuu tahtigeneraattorin läheisyydessä, samat kaavat pätevät, mutta on laskennoissa otettava huomioon tahtikoneiden alku- ja muutosreaktanssit. Mitä kauempana tahtikoneesta oikosulku tapahtuu, sitä vähemmän tahtikoneet vaikuttavat oikosulkuvirtaan. Tapaukset on otettava tarkemmin huomioon etenkin katkaisijoiden valinnassa, mikäli lähdöt ovat tahtikoneen läheisyydessä. Jakeluverkoissa kuitenkin harvoin ollaan tilanteessa, missä tahtikoneiden reaktanssit olennaisesti vaikuttavat oikosulkuvirtaan. (Aura & Tonteri 1993, 161–162.)

Oikosulkutilanteita käsiteltäessä puhutaan usein myös oikosulkutehosta. Oikosulkutehoa käytetään kuvaamaan verkon oikosulkuominaisuuksia sekä usein katkaisijoiden ominaisuuksien yhteydessä. (Aura & Tonteri 1993, 162.). Oikosulkuteholla  $S_k$  tarkoitetaan ennen oikosulkutilannetta vallinneen jännitteen ja oikosulkuvirran tuloa, ja voidaan näin ollen laskea yhtälöstä:

$$S_k = \sqrt{3}UI_K, \quad (3)$$

missä

$U$	on	verkon jännite ennen oikosulkua
$I_K$	on	oikosulkuvirran jatkuvuustilan arvo.

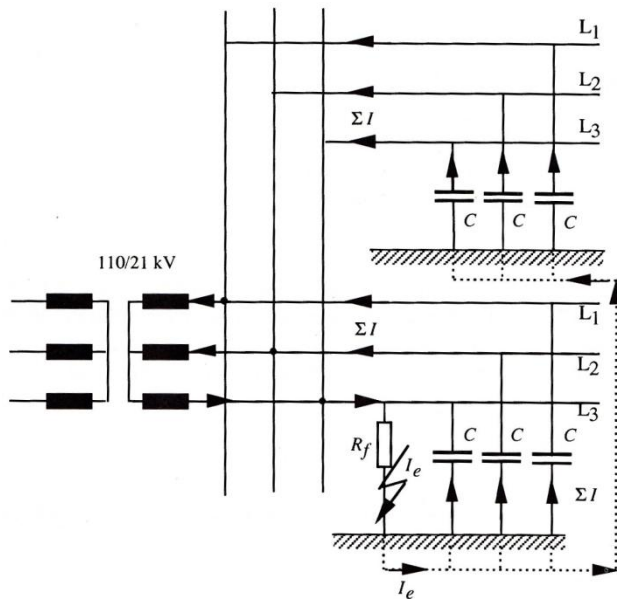
### 2.2.2 Maasulut

Maasululla tarkoitetaan yhden tai useamman vaiheen yhteys maahan jonkin resistanssin kautta. Maasulun laskeminen on vaikeaa sillä vikaresistanssia ei tunneta ja sen arvo vaihtelee, koska maasulun aiheuttaja voi olla esim. rikkoonnut eristin, johdon päälle kaatunut puu tai vaikkapa katkennut johdin. Maasu-

lun aiheuttamat yli- ja vikajännitteet voivat olla vaarallisia näin osaltaan huonontaa sähkönjakelun turvallisuutta. Siksi maasulut on poistettava verkosta mahdollisimman nopeasti. (Aura & Tonteri 1993, 163–166.)

### Maasta erotetun verkon maasulku

Terveessä verkossa maan ja vaiheiden välinen jännite sekä vaiheiden maakapasitanssien kautta kulkeva virta ovat symmetrisiä, joten niiden summa on nolla. Kun joku vaiheista saa vikaresistanssin kautta yhteyden maahan, kuten kuvassa 6, vikaantuneen vaiheen jännite laskee ja terveiden vaiheiden jännite nousee. Mikäli vikaresistanssi on nolla, terveiden vaiheiden jännite nousee pääjännitteen suuruiseksi. (Aura & Tonteri 1993, 163.)



Kuva 6. Maasta erotetun verkon maasulku. Katkoviivalla on esitetty vikavirran kulku ja nuolilla vikavirran kulkusuunta. (Aura & Tonteri 1993.)

Maasulun aiheuttamaa vikavirtaa kutsutaan maasulkuvirraksi. Yksivaiheisen maasulkuvirran  $I_e$  itseisarvo voidaan laskea yhtälöstä

$$I_e = \sqrt{3}\omega UC , \quad (4)$$

missä

$U$  on pääjännite

$C$  on yhden vaiheen maakapasitanssi  
 $\omega$  on  $2\pi f$ .

Avojohtoille voidaan maasulkuvirta laskea likiarvoisesti yhtälöstä

$$I_e \approx \frac{U \cdot l}{300} , \quad (5)$$

missä

$U$  on pääjännite [kV]  
 $l$  on galvaanisesti yhteen kytketyn avojohtoverkon pituus [km].

Kun vikapaikan resistanssi kasvaa, maasulkuvirta pienenee. Tällöin maasulkuvirran  $I_{ef}$  itseisarvo saadaan yhtälöstä

$$I_{ef} = \frac{3\omega C}{\sqrt{1+(3\omega C R_f)^2}} U , \quad (6)$$

missä

$C$  on vaiheen maakapasitanssi  
 $R_f$  on maasulun vikaresistanssi  
 $U$  on pääjännite  
 $\omega$  on  $2\pi f$ .

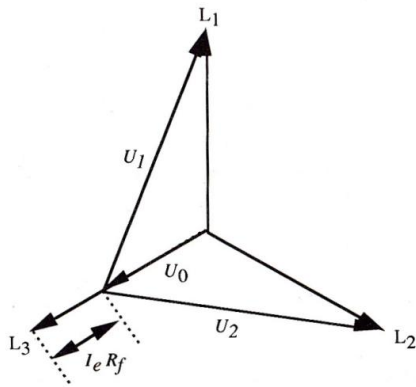
Maasulun aiheuttama jännite-epäsymmetria aiheuttaa sen, että maan ja verkon tähtipisteen välille syntyy jännite-ero. Tämä jännite on sama, jonka maasulkuvirta aiheuttaa kulkiessaan verkon maakapasitanssien kautta, ja sitä kutsutaan nollajännitteeksi  $U_0$ . (Aura & Tonteri 1993, 164–165.) Maasta erotetun verkon maasulun aikaiset jännitteet on havainnollistettu kuvassa 7.

Nollajännite voidaan laskea yhtälöstä

$$U_0 = \frac{1}{3\omega C} I_e , \quad (7)$$

missä

$I_e$  on maasulkuvirta  
 $C$  on vaiheen maakapasitanssi  
 $\omega$  on  $2\pi f$ .



Kuva 7. Osoitinpiirros esittää jännitteet kuvan 6 tapauksessa.  $U_0$  = nollajännite,  $U_1$  ja  $U_2$  = terveiden vaiheiden vaihejännitteet. (Aura & Tonteri 1993.)

### Maasulku sammutetussa verkossa

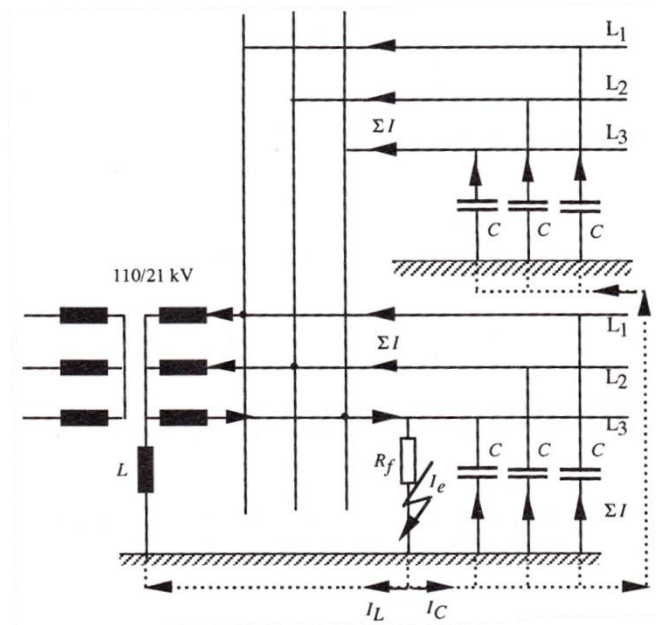
Sammutetussa verkossa verkon tähtipiste on maadoitettu verkon maakapasitanssin suuruisella induktanssilla. Tällöin maasulkutapauksessa induktanssin kautta kulkeva virta summautuu maakapasitanssien virtaan, jolloin maasulkuvirta jää hyvin pieneksi. Sammutettua järjestelmää käytetään Suomessa keskijänniteverkoissa. (Aura & Tonteri 1993, 165–166.) Sammutetun verkon vikatapaus on esitetty kuvassa 8.

Täysin sammutetusta järjestelmästä voidaan kirjoittaa yhtälö:

$$\omega L = \frac{1}{3\omega C} , \quad (8)$$

missä

$L$	on	sammutuskelan induktanssi
$C$	on	verkon maakapasitanssi.



Kuva 8. Maasulku sammutetussa verkossa. (Aura & Tonteri 1993.)

Sammutetun verkon nolajännite voidaan laskea yhtälöstä:

$$U_0 = 3\omega^2 LCU_v, \quad (9)$$

missä

$U_v$	on	verkon vaihejännite
$U_0$	on	nolajännite

### 2.3 Jakeluverkon suojaus

Keskijänniteverkon suojauksen keskeisin tarkoitus on taata sähkönjakelun turvallisuus verkossa tapahtuvista vioista huolimatta. Verkon tähtipisteen käsittely, topologia ja käytetyt rakenteet ovat määräävässä asemassa suojauksen toteuttamisessa. Suojauksen minimivaatimukset on esitetty Suomessa voimassaolevissa sähköturvallisuusstandardeissa, ja jakeluyhtiöiden on täytettävä nämä vaatimukset. Kun suojaus on toimiva, se suojaa itse verkon komponentteja viikaantumiselta sekä se on turvallinen niin verkon käyttäjille kuin ulkopuolisillekin. (Lakervi & Partanen 2008, 176–177.)

Johtojen suojaus toteutetaan sähköasemien kennoissa olevilla releillä sekä mahdollisilla välikatkaisija-asemilla. Suojauksen on oltava luotettava, ja sen on oltava selektiivinen. Luotettavuus saavutetaan varmennetuilla suojalaitteiden sähkönsyötöillä, sekä varasuojilla. Selektiivisyys toteutetaan yleensä aikaselektiivisyydellä tai virtaselektiivisyydellä. Selektiivisyys voidaan saavuttaa myös muilla keinoilla, kuten asettamalla sähköaseman suojaustoiminnoille erilaisia lukitusehtoja, jolloin ensimmäisen suojan toiminta estää toisen suojan toimimisen. (Lakervi & Partanen 2008, 176–177.)

### 2.3.1 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojauksen tarkoitus on estää oikosulkutilanteissa verkon vaurioituminen oikosulkuvirrasta johtuvan lämpenemisen vuoksi ja estää siitä aiheutuvat vaaratilanteet, erottamalla vikaantunut verkon osa nopeasti jännitteettömäksi. Suojaus toteutetaan käyttämällä vakioaikaylivirtarelettä. Releessä on myös hetkellislaukaisutoiminto, joka aiheuttaa nopean poiskytkennän suurivirtaisen oikosulun aikana. Samaa relettä voidaan käyttää myös ylikuormitussuojana. (Lakervi & Partanen 2008, 176–177.)

Avojohtoverkossa ylikuormitustilanteet ovat harvinaisia johtimien nopean jäähtymisen ansiosta. Avojohtoverkossa suojauksen on toimittava johdolla tapahtuvan pienivirtaisimman oikosulun aikana, mutta ei kuormitusvirrasta. Kaapeliverkossa suojauksen toiminta, havahtuminen, on tapahduttava jo kaapeleiden kuormituskestoisuuden tullessa vastaan. (Lakervi & Partanen 2008, 176–177.)

### 2.3.2 Maasulkusuojaus

Tähtipisteen käsittelytapojen vuoksi keskijänniteverkon maasulkusuojaukseen tarvitaan eri tekniikoita kuin oikosulkusuojauksessa. Koska maasulkutilanteissa syntyvä vikavirta on yleensä hyvin pieni, ei suojausta voida perustaa ylivirtasuojaukseen, vaan maasulun aiheuttamaan epäsymmetriaan kolmivaihejär-

jestelmässä. Maasulut havaitaan summavirtareleillä, jotka mittaavat vaiheiden summavirran avulla saatua nollavirtaa, sekä nollajännitereleillä, jotka mittaavat nollajännitteen vaihejännitteisiin kytkettyjen jännitemuuntajien toisiokäämien avokolmiosta. (Lakervi & Partanen 2008, 182–198.)

Maasulkusuojauksen tarkoitus on estää vaarallisten kosketusjännitteiden muodostuminen tilanteessa, jossa jollain vaiheella on johtava yhteys maahan. Suojauksen on toimittava selektiivisesti, ja suojauksen on toimittava sillä lähdöllä, jossa maasulku tapahtuu. Kosketusjännitteiden minimivaatimukset on esitetty standardissa SFS6001. Vaatimukset voidaan täyttää joko maasulunlaukaisuaikojä lyhentämällä tai parantamalla verkon suojamaadoituksia. Maasulun sammutus pienentää myös maasulkuvirtaa ja näin siitä aiheutuvaa vaara-jännitettä. (Lakervi & Partanen 2008, 182–198.)

### 2.3.3 Jälleenkytkennät

Edellä mainittuihin suojaustoimintoihin liittyy hyvin läheisesti jälleenkytkentäautomatiikka, sillä viat ovat usein valokaarivikoja. Kun vikapaikka tehdään lyhytaikaisesti jännitteettömäksi, valokaari sammuu ja vika häviää. Jälleenkytkentöjä ovat pika- ja aikajälleenkytkennät, joiden nimitys johtuu niiden toiminta-ajoista. Jälleenkytkentäreleistys välittää suojareleen antaman ohjauksikäskyn katkaisijalle. Ohjauksien viiveet ja kytkentäajat riippuvat suojausasetteluista, ja joissain tapauksissa jälleenkytkentöjä ei edes käytetä. (Aura & Tonteri 1993, 175; Mörsky 1992, 352–354.)

Pikajälleenkytkentä tapahtuu heti vian havahtumisesta ja laukaisuaika on 0,1 - 0,3 s, ja jännitteetön väliaika on 0,2 - 0,4 s. Aikajälleenkytkennän laukaisuaika on hieman pidempi kuin pj:n, ja toimii vasta epäonnistuneen pj:n jälkeen, jännitteettömän väliajan ollessa 0,5 - 3 min. Mikäli vika on jälleenkytkentöjen jälkeen edelleen verkossa, on kyseessä pitkä keskeytys. (ks. kaavio 2) (Aura & Tonteri 1993, 175; Mörsky 1992, 352–354.)



## 2.4 Toimitusvarmuus

Sähkönjakelun häiriötön toiminta on muodostunut elinehdoksi yksityisille kuluttajille, palveluntuottajille sekä teollisuudelle. Suomessa jakeluverkkojen toimitusvarmuuskriteerit määrää sähkömarkkinalaki. Toimitusvarmuutta ja sähköverkkoliiketoimintaa Suomessa valvoo TEM:n alainen virasto, Energiavirasto.

Jakeluverkon toiminnan laatuvaatimuksissa on annettu tuntimääräiset enimmäiskestot jakelukeskeytyksille. Lisäksi säädetään vakiokorvauksista, jotka on maksettava keskeytyksen kokeneille asiakkaille tietyin ehdoin. Taulukossa 1 on esitetty vakiokorvausten muodostuminen. Vakiokorvaus on kalenterivuoden aikana enintään 200 % verkkopalvelumaksusta tai 2000 €. (Sähkömarkkinalaki, § 100.)

Taulukko 1. Vakiokorvaukset sähkönjakelun keskeytymisen vuoksi. (Sähkömarkkinalaki, § 100.)

Korvaus verkkopalvelumaksusta	Yhtäjaksoinen keskeytysaika	Vakiokorvaus, kun verkkopalvelumaksu 150 €/a
10 %	12 h, < 24 h	15
25 %	24 h, < 72 h	37,5
50 %	72 h, < 120 h	75
100 %	120 h, < 192 h	150
150 %	192 h, < 288 h	225
200 %	288 h tai yli	300

Erityistä huomiota toimitusvarmuuskriteereissä on kiinnitetty ilmastollisista syistä johtuneisiin jakelukeskeytyksiin. Vuoden 2011 talvimyrskyjen jälkeen TEM alkoi valmistella uutta sähkömarkkinalakia, silloisen elinkeinoministeri Häkämiehen toimeksiannosta. Lain tulisi ohjata jakeluverkonhaltijoita kehittämään verkkoaan niin, ettei myrskyn ja lumikuormien takia aiheutuisi kohtuuttoman pitkiä keskeytyksiä sähkönjakeluun. (TEM 2014.) Uudistettu sähkömarkkinalaki uusin toimitusvarmuuskriteerein astui voimaan 1.9.2013. Toimitusvarmuuskriteerit ja siirtymäsäännös on havainnollistettu taulukossa 2.

Taulukko 2. Toimitusvarmuuskriteerit ja siirtymäsäännös. (Sähkömarkkinalaki, § 51, § 119.)

Maksimi myrskyn tai lumikuor- man aiheuttama keskeytys		Ehto täyttyttävä %:lla asiakkaista		
		31.12.2019	31.12.2023	31.12.2028
Asemakaava-alue	6 h	50 %	75 %	100 %
Muu	36 h	50 %	75 %	100 %

#### 2.4.1 Toimitusvarmuuden tunnusluvut

Sähkönjakeluverkon toimitusvarmuutta kuvataan usein IEEE 1366-standardin mukaisilla tunnusluvuilla. Mitä pienempi tunnusluvun tulos on, sitä parempi toimitusvarmuus verkolla on tarkasteluvälillä ollut. Tunnusluvuilla kuvataan koko verkon toimitusvarmuutta, ja ne ovat:

- SAIFI, vikojen keskimääräinen määrä / asiakas / vika.
- CAIDI, vikojen keskimääräinen kesto / asiakas / vika
- SAIDI, vikojen kokonaiskesto aika / asiakas
- MAIFI, jälleenkytkentöjen määrä / asiakas

Tunnuslukujen lisäksi lasketaan myös käyttäjäkohtaisia arvoja kuvaamaan tarkemmin sähköverkon käyttövarmuutta, asiakkaiden kokemia keskeytyksiä ja niistä aiheutuneita haittoja. Tarkasteltaessa säteittäistä johtolähtöä, voidaan laskea tarkasteltavaan lähtöön liittyneiden sähkönkäyttäjien keskeytysten määrä, kesto sekä keskeytyksestä aiheutuneet kustannukset seuraavilla yhtälöillä:

Keskeytystaajuus:

$$f_j = \sum_{i \in I} f_i, \quad (10)$$

Vuotuinen keskeytysaika:

$$U_j = \sum_{i \in I} f_i * t_{ij}, \quad (11)$$

Keskeytyksen keskipituus:

$$t_j = \frac{U_j}{f_j}, \quad (12)$$

Toimittamatta jäänyt energia:

$$E_j = f_j * t_j * \Delta P_j, \quad (13)$$

Keskeytyskustannukset:

$$K_j = \sum_{i \in I} f_i [a_j + b_j(t_{ij})t_{ij}] \Delta P_j, \quad (14)$$

missä

$f$	on	vikataajuus
$t$	on	vian aiheuttama keskeytyshaikka
$\Delta P$	on	keskimääräinen keskeytysteho
$a$	on	keskeytystehon haikka-arvo
$b$	on	keskeytysenergian haikka-arvo
		Alaindeksi $i$ kuvaa verkkokomponenttia ja $j$ sähkönkäyttäjää.

Periaatteessa laskenta on yksinkertaista, mutta laskentojen eri arvojen määrittäminen on vaikeaa, koska eri paikoissa sijaitseville verkkokomponenteille satuva vika aiheuttaa eripituisen keskeytyksen eri sähkönkäyttäjille. Tällaisia laskentoja kuitenkin tehdään, koska ne soveltuvat verkoston kehittämiseen paremmin kuin vika- ja keskeytystilastot. Keskeytyskustannuksia laskemalla voidaan selvittää, onko esim. jonkin toimitusvarmuutta edistävän yhdysjohdon rakentaminen kannattavaa, tai mihin kohdennetaan seuraavat verkon parannusinvestoinnit. (Lakervi & Partanen 2008, 44–48.)

#### 2.4.2 Toimitusvarmuuden kehittäminen

Keskijännitejakeluverkon toimitusvarmuutta parantavia rakenteita tullaan ottamaan jakeluyhtiöiden kehittämissuunnitelmissa entistä enemmän huomioon. Nykyisin suunnittelun tärkeä reunaehto on toimitusvarmuus. Merkittävä toimitusvarmuutta parantava toimenpide on johtokatuojen rakentaminen tienvieriin. Saneerauksien yhteydessä korvattavat sekä uudet johdot siirretään mahdollisuuksien mukaan teidenvarsille. Tällöin johto on käyttövarmempi, ja vian paikannus sekä korjaus nopeutuvat. Kokemuksien mukaan tienvarteen siirrettyjen

johtojen viat ovat vähentyneet puoleen kyseisillä johto-osuuksilla. (Lakervi & Partanen 2008, 143.)

Muita toimitusvarmuutta parantavia keinoja perinteiseen avojohtorakentamiseen verrattuna on PAS-johtojen käyttö, maakaapeloinnin lisääminen, ylijännitesuojaus sekä kaukokäytettävät kytkinlaitteet ja muu verkostoautomaatio. PAS-johtojen käyttö mahdollistaa kapeammat johtokadut, ja onkin usein käytössä kaksois- tai kolmoisjohdoilla. PAS-johdoilla johdoille lentävät risut tai linnut eivät aiheuta vikaa, eikä johdoille nojaava puukaan välttämättä saa aikaan suojauksen toimimista. Toisaalta, mikäli puu jää nojaamaan pidemmäksi aikaa johdoille, aiheuttaa se ennen pitkää maasulun ja voi näin olla turvallisuusriski. (Lakervi & Partanen 2008, 143.)

Kaapeloinnin lisääminen on ollut trendinä viimeiset vuodet. Kaupunkialueella harvoin tulee muu rakenne kysymykseenkään, mutta myös taajamissa ja maaseuduilla kaapelointia on lisätty. Kaapeli on luonnollisesti säävarma ratkaisu, ja vikataajuus on 10 - 50 % avojohtojen vikataajuudesta. Toisaalta kaapeliverkossa tapahtuva vika on vaikeampi ja hitaampi paikantaa. Lisäksi kaapeloinnin haittapuolia ovat korkeat investointikustannukset sekä maakaapeleiden suuren maakapasitanssin vuoksi kasvava maasulkuvirta. Pitkän korjausajan vuoksi myös varayhteysjärjestelyt tulee ottaa tarkemmin huomioon. (Lakervi & Partanen 2008, 146–149.)

Ylijännitesuojauksella suojataan verkon komponentteja vikaantumasta ylijännitteestä. Tyypillisiä ylijännitetilanteita syntyy ukkosella, jolloin salamaylijännitteet voi aiheuttaa vikoja verkon komponenteissa. Käyttämällä metallioksidi- ja yhdistelmäsuojia voidaan vähentää lyhyitä käyttökeskeytyksiä, sillä näiden suojien toimiminen ei aiheuta jälleenkytkentää. Tehokkaasti toteutettu ylijännitesuojaus vähentää laiterikkoja, jolloin ylijännitesuojaus vähentää myös pitkien jakelukeskeytysten määrää. (Lakervi & Partanen 2008, 149.)

Kauko-ohjattavat erotinasemat ja pylväskatkaisijat ovat myös tehokas ja nopea ratkaisu verkon käyttövarmuuden parantamiseen. Kauko-ohjattavat erotinase-

mat ja katkaisijat eivät kuitenkaan vähennä verkon vikoja, vaan keskeytyksen sattuessa nopeuttavat huomattavasti vian rajausta sekä korvaavien syöttöyhteysien kytkentää. Käsien ohjattavilla erottimilla vian rajausta kestää useita kymmeniä minuutteja, jopa tunteja. Kauko-ohjauksessa olevilla erottimilla vika voidaan rajata pienelle alueelle parissa kymmenessä minuutissa. (Lakervi & Partanen 2008, 143.)

Pylväskatkaisijoilla voidaan rajoittaa vika sen suojaamalle alueelle, jolloin vian tapahtuessa katkaisijan suojausalueella, osa saman lähdon asiakkaista ei koe käyttökeskeytystä. Kauko-ohjauksella ja pylväskatkaisijoilla on siis suora vaikutus keskeytysaikojen pituuksiin (SAIDI, CAIDI ja SAIFI- tunnusluvut), toimittamatta jääneeseen energiaan ja tätä kautta myös keskeytyskustannuksiin. (Lakervi & Partanen 2008, 143.)

## 2.5 Käytönvalvontajärjestelmä

Järjestelmän tarkoitus on mahdollistaa verkon reaaliaikainen valvonta ja sähköjakeluprosessin hallinta. Järjestelmää kutsutaan SCADAksi (Supervisory Control And Data Acquisition) ja sen päätoimintoja ovat tapahtuma- ja tilatietojen hallinta, kauko-ohjaukset, -asettelut, -mittaukset sekä tapahtumien raportointi. (Lakervi & Partanen 2008, 235.)

SCADA on teknisesti laaja kokonaisuus, johon kuuluu varmennetut tietokoneet ja sovellusohjelmat, tarvittavat käyttöliittymät sekä liittynät tiedonsiirtojärjestelmiin. SCADAa voidaan pitää sähköjakelulaitteiston reaaliaikaisena prosessitietokoneena, joka antaa ajantasaista tietoa verkon tilasta ja jolla voidaan suorittaa sähköjakelun kannalta kriittisiä toimintoja. Tämä asettaakin kokonaisuudelle tiukat laatu- ja luotettavuusvaatimukset, sillä järjestelmän on toimittava kun muut toiminnot ja sähköjakelu ovat häiriintyneet. Tällaisia tilanteita ovat pitempiaikaiset häiriöt sähköjakelussa, jotka usein aiheuttavat myös katkoksia ja häiriöitä julkisiin tiedonsiirtojärjestelmiin. (Lakervi & Partanen 2008, 235.)

Järjestelmään liittyvien tiedonsiirtojärjestelmien avulla SCADAan saadaan verkko- ja tapahtumatiedot reaaliajassa, mikä mahdollistaa verkon kytkentätilan reaaliaikaisen ja luotettavan ylläpidon. Kaukokäytössä olevien kytkinlaitteiden ja mittausten tiedot päivittyvät automaattisesti SCADAan, mutta käsikäyttöisten erottimien tilatiedot on syötettävä järjestelmään manuaalisesti. Kytkentätilanteen hallinta on työturvallisuuden ja verkon käytön kannalta elintärkeä toiminto. Hallinnan menettäminen, kuten kytkentätilatietojen menetys, voisi olla kohtalokasta erityisesti suurhäiriön aikana. (Lakervi & Partanen 2008, 236.)

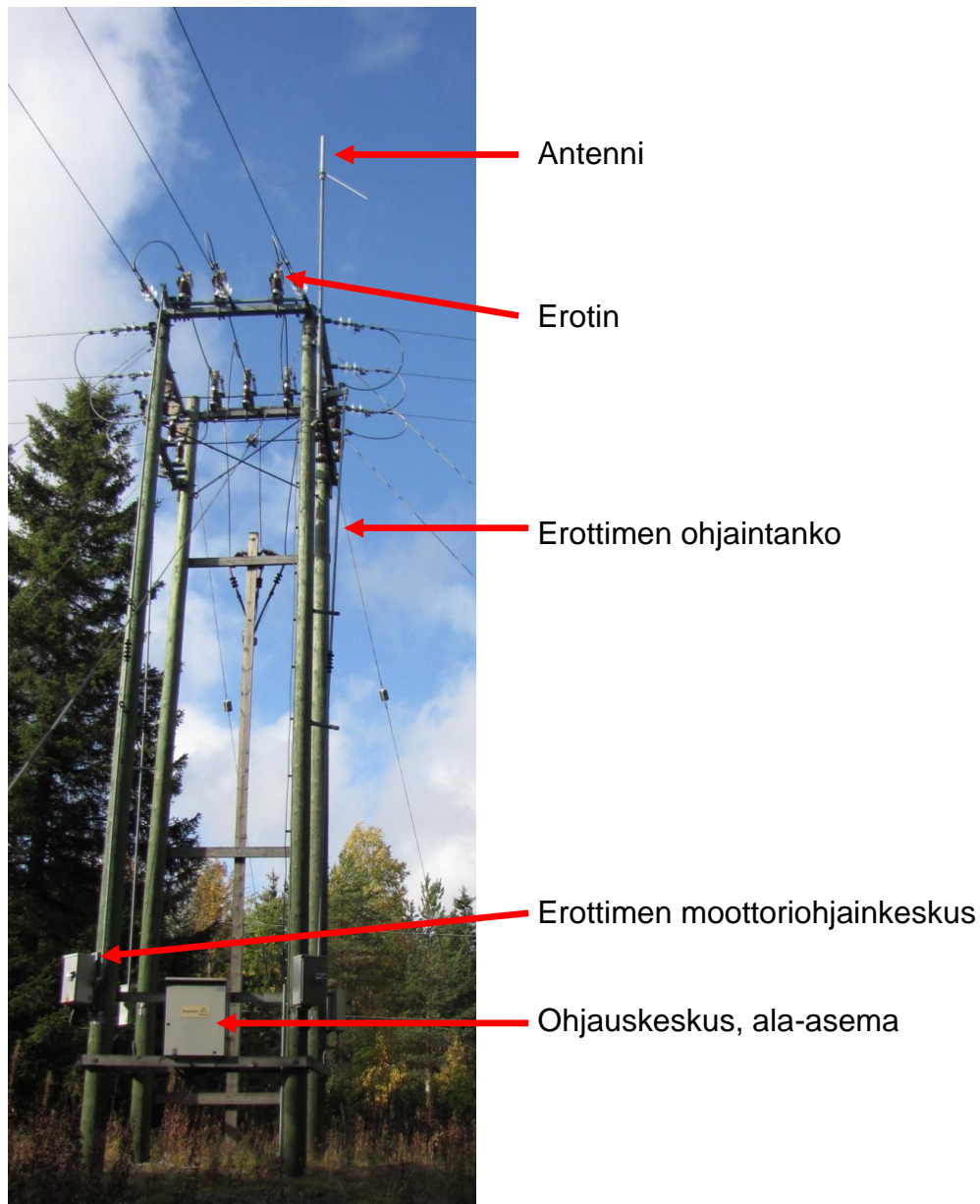
## 2.6 Kaukokäytettävien erotinasemien rakenne

Eroginasema koostuu yhdestä tai useammasta erottimesta ja sen ohjaintangosta, moottoriohjaimesta ja ala-asemayksiköstä. Asema voi olla esim. puistomuuntamon yhteydessä tai avojohtoverkon solmukohtassa. Usein alasemaelektroniikka on omassa laitekaapissa, ja moottoriohjaimet ovat sijoitettuna pylväisiin ohjaamien alapuolelle, kuten kuvassa 9.

Erottimet tulee valita käyttöpaikan ja -tavan mukaan. Erottimina suositellaan käytettävän katkaisukammioilla varustettuja erottimia, sillä niiden katkaisukyky on yleensä 400 - 630 A, ja ne kestävät useita kytkentäkertoja. Kuitenkin on huomattava että kytkentäkyky on tärkeämpi kuin katkaisukyky, sekä oikosulkua vastaan tehtävät kytkentäkerrat on yleensä rajoitettu 5 - 15 kertaan. Erottimien tulee olla myös toimintavarmoja. Lumi- ja jääkuormat eivät saa estää erottimien toimintaa. (Suomen sähkölaitosyhdistys 1996.)

Erottimen ohjainkoneisto on asennettava pylvääseen niin, ettei lumi ja jää voi aiheuttaa ongelmia erottimen ohjaamiseen eikä tilatietojen päivittymiseen. Ohjainmoottorin ja tilatietojen ohjausjännite on oltava riittävän suuri (vähintään 24 V) ohjausten luotettavaan suorittamiseen. Erotin on voitava lukita ja sen asento on voitava nähdä, tai asento on osoitettava mekaanisella asennon osoituksella. (Suomen sähkölaitosyhdistys 1996.)

Ala-asemaelektroniikka voi olla erillisessä kaapissa, ohjauskeskuksessa (ks. kuva 9). Sen sisällä olevat komponentit on pidettävä niiden edellyttämissä lämpötiloissa. Lämpötila saavutetaan joko eristämällä tai lämmittämällä laitekaappi. Kaapissa on myös radio ja aseman akusto. Akut on mitoitettava niin, että erotimia voidaan ohjata yhteensä 10 - 20 kertaa ilman verkkosyöttöä. Apusähköjärjestelmän tilaa on voitava tarkkailla keskusasemalta, eli valvomosta. (Suomen sähkölaitosyhdistys 1996.)



Kuva 9. 4-pylväinen erotinasema.

Eroginasemien maadoitukset rakennetaan standardin SFS6001 suurjännitesähköasemien vaatimusten mukaisesti. Oleellisena osana pylväsaseman maadoituksia ovat potentiaalinojhausrengas ja pylväiden tyvi- tai pystymaadoitus. Jos aseman syöttö on otettu läheisestä muuntopiiristä, on maadoitusten rakentaminen helpompaa ja riittävän pieni maadoitusimpedanssi saadaan syöttävän muuntopiirin maadoitusten avulla, samalla parantaen maadoitustilannetta. (Energiateollisuus 2006.) Liitteessä 1 on esitetty kaksipylväisen erotinaseman maadoitukset.



### 3 KEMINMAAN ENERGIA OY:N KESKIJÄNNITEVERKKO

Keminmaan Energia Oy:n keskijänniteverkko on tavanomainen, maaseutumainen verkko. Keminmaan kuntakeskuksen alueella ja Jokisuun alueella keskijänniteverkko on lähes täysin kaapeloitu, ja asemakaava-alueen ulkopuolella verkko on pääasiassa ilmajohtoverkkoa, johtopituuden ollessa n. 214 km ja kaapelointiaste n.18 %.

Keskijänniteverkkoa rakennettiin erittäin paljon 1960- ja 1970-luvuilla, joten verkon rakenne on jo melko vanha sekä vanhan rakennustavan vuoksi myös vika-altista. Myös pitkähköt välimatkat sekä vaikeasti luokse päästävät verkon osat ovat tuoneet haasteita jakeluverkon toimitusvarmaan ylläpitoon ja kehittämiseen.

Verkkoa kehitetään tiukkenevien määräysten ja toimitusvarmuuskriteereiden puitteissa. Tulevaisuudessa verkon kehittäminen pohjautuu Asset Visionin tekemään verkostostrategia 2030:n (sisäinen raportti). Käyttöikänsä päähän tulleet johto-osuudet pyritään rakentamaan teiden varsille, ja asemakaava-alueella sekä taajamissa ilmajohtot pyritään korvaamaan maakaapeloinnilla.

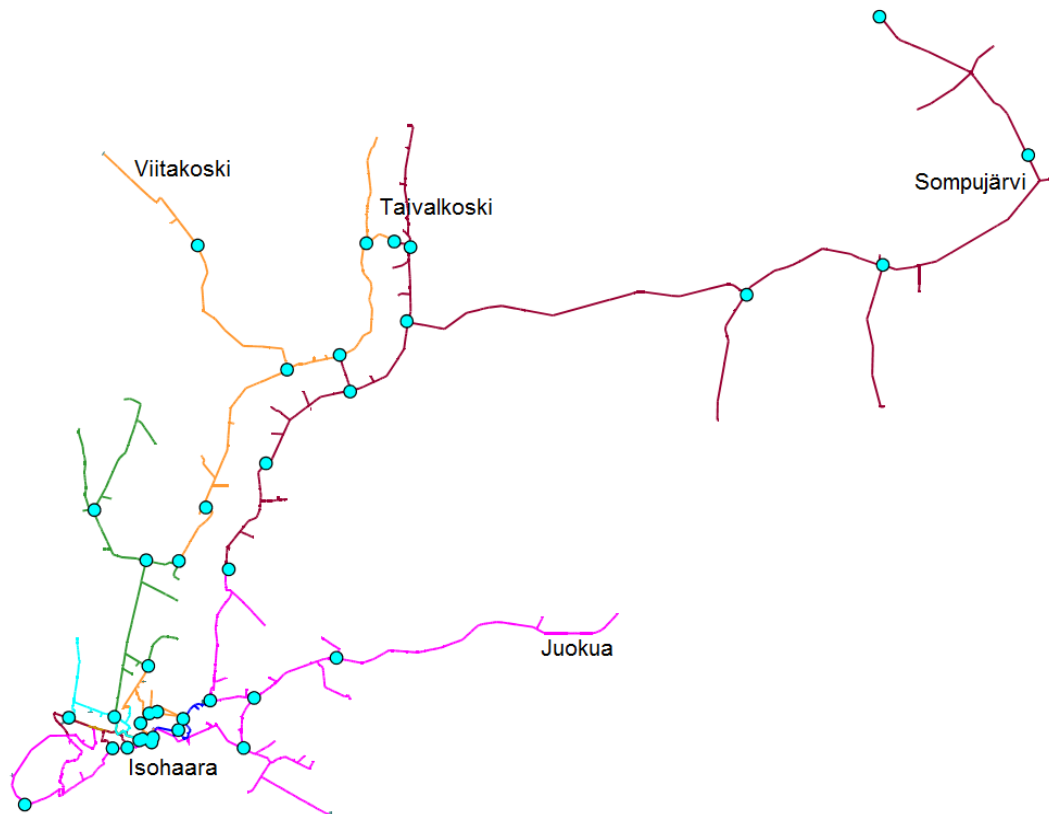
#### 3.1 Topologia

Keminmaan Energia Oy:llä ei ole omia sähköasemia, eikä näin ollen liityntäpisteitä alueverkkoon eikä Fingridin ylläpitämään kantaverkkoon. KME:n johtolähdöt ovat suoraan PVO-Vesivoima Oy:n Isohaaran voimalaitokselta sekä Kemi-joki Oy:n Taivalkosken voimalaitokselta.

Isohaarasta KME:n kahdeksan lähtöä on otettu kahdelta 10/20 kV 20 MVA muuntajalta. Toisesta päämuuntajasta omistetaan 10 MVA:n ja toisesta 15 MVA:n teho-osuus. Taivalkosken kaksi lähtöä on otettu yhdestä 10/20 kV 10 MVA muuntajasta, teho-omistusosuuden ollessa 4 MVA.

Isohaaran johtolähdöt syöttävät Keminmaan kuntakeskustaa ja Lautiosaaren taajamaa. Näillä alueilla verkko on rakennettu silmukoiduksi. Isohaarassa on käytössä maasulun sammutus, eli Isohaaran jakelualueella on sammutettu järjestelmä. Taivalkosken voimalaitokselta lähdöt syöttävät pääasiassa taajaman ulkopuolella sijaitsevia muuntopiirejä, eikä ole ollut taloudellisesti järkevää rakentaa näitä lähtöjä rengasverkoiksi. Poikkeuksena kuitenkin yksi joenylitys, joka yhdistää eripuolille Kemijokea lähtevät johtolähdöt. Taivalkosken lähdöt ovat maasta erotettuja.

Verkkoa käytetään säteittäisesti, verkon suojausten ja vian rajaamisen helpottamiseksi. Vian rajaamiseen käytetään verkon käytönvalvontajärjestelmään liitettyjä kaukokäyttöerottimia. Kuvassa 10 on KME:n keskijänniteverkon kuva verkkotietojärjestelmästä. Kaukokäyttöerotinasemat on sijoitettu verkon solmu-kohtiin ja vikarajauksen sekä jakorajamuutosten kannalta edullisiin paikkoihin. Erotinasemat on merkitty kuvaan turkoosilla ympyrällä.



Kuva 10. Keminmaan Energia Oy:n jakeluverkko.

Verkkoon on lisätty myös yksi pylväskatkaisija, ja sitä operoidaan samalla järjestelmällä kuin erotinasemia. Pylväskatkaisija on sijoitettu Itäkosken lähtöön, nk. Sompujärven haaran alkupäähän. Katkaisijan toiminta rajaa vian suojaamalleen haaralle, ja suurin osa Itäkosken lähdön asiakkaista ei koe käyttökeskeytystä haarajohdolla tapahtuvien vikojen aikana.

### 3.2 Yleiset vikatapaukset

Keminmaan Energia Oy:n tyypillisimmät vikatapaukset ovat viimevuosina olleet lumi- ja jääkuorman sekä ukkosen aiheuttamia vikoja. Eniten työllistävät viat ovat olleet lumi- ja jääkuorman aiheuttamia. Suuren vikasuman aiheutti vuoden 2012 kevättalven tykkylumi, jonka vuoksi pitkiä keskeytyksiä oli lyhyen ajan sisällä useita. Vikojen aikaan huomattiin myös kaukokäyttöjärjestelmän vikoja sekä erotinasemien yhteyksissä ja tilatietojen päivittymisessä että pylväskatkaisijan toiminnassa.

Tykkylumi aiheuttaa puiden latvuksien painumisen tai katkeamisen johtojen päälle. Puun osuessa johtoon se toimii johtavana yhteytenä maahan, jolloin aiheutuu maasulku. Usein käy niin, että johtava yhteys syntyy myös vaiheiden välille, jolloin tilanteessa syntyy myös oikosulku. Lumi- ja jääkuorma voi aiheuttaa ongelmia myös kolmiosovitteisilla johtorakenteilla. Keskimmäisen johdon painuessa lumikuorman takia reunajohtimien väliin, tuuli voi heilauttaa johtimet yhteen. Tällöin syntyy pieniresistanssinen kaksivaiheinen oikosulku.

Ukkoset aiheuttavat oikosulkujen ja ylijännitteiden vuoksi myös johtimien katkeamisia, muuntajien ja eristimien vikaantumisia sekä pahimmassa tapauksessa pylväiden vaurioitumisia. Usein ukkosen aiheuttamat viat kuitenkin pystytään selvittämään jälleenkytkentöjen avulla.

### 3.3 Kaukokäyttöjärjestelmä

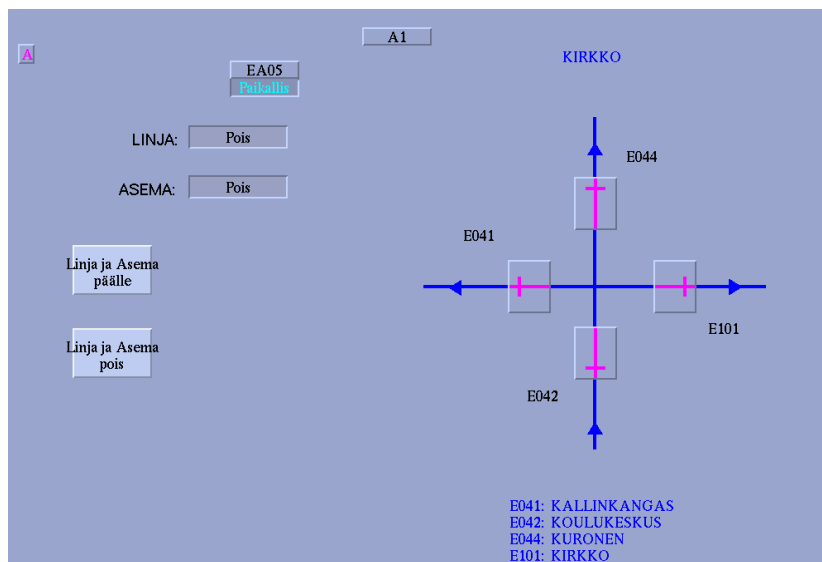
KME:llä on käytössä ABB:n toimittama keskijänniteverkon kaukokäyttöjärjestelmä S.P.I.D.E.R. microSCADA, jonka avulla verkkoa valvotaan ja erotinasemia sekä johtolähtöjen katkaisijoita ohjataan. Järjestelmään on kytketty rajapinnan kautta myös Trimble DMS -käyttötukijärjestelmä, jolla tehdään käytönvalvonnan tukitoimina mm. keskeytystilastoinnit. Kaukokäyttöjärjestelmä koostuu käytönvalvontajärjestelmästä, erotinasemien ja käytönvalvontajärjestelmän välisestä tiedonsiirtoverkosta, erotinasemista, kaukomittauksista, katkaisijoiden ohjauksista sekä valvomon käyttöliittymistä.

Järjestelmän tiedonsiirtoverkkona toimii KME:n oma nelikanavainen radioverkko, taajuusalueena 84 - 160 MHz. Järjestelmän yhtenä käyttöliittymänä toimivat kaksi valvomotaulua. Tauluihin on kuvattu yhtiön keskijänniteverkko sekä jokainen verkkoon kytketty muuntamo ja kytkinlaite. Taulujen tarkoitus on havainnollistaa verkon reaaliaikainen kytkentätilanne. Toisena käyttöliittymänä ovat SCADA-koneiden näytöt, joilta voidaan lukea järjestelmän raportointi sekä tehdä kaukokäyttötoimenpiteet. Myös DMS-järjestelmä seuraa verkon kytkentätilannetta ja toimii varajärjestelmänä kytkentätilan tarkastamiseen, mikäli topologia-aulut eivät jostain syystä toimi.

Keminmaan Energia Oy:n kaukokäyttöjärjestelmä otettiin käyttöön 1990-luvun alussa. Järjestelmän toimittajaksi valittiin ABB, joka toimitti ala-asemat elektronikoineen sekä käytönvalvontajärjestelmän. Tuolloin otettiin käyttöön suurin osa verkon nykyisistä erotinasemista. Järjestelmään on lisätty käyttöönoton jälkeen muutamia asemia saneerauksien yhteydessä. Uusimmat asemat sijaitsevat kaapeloiduilla alueilla puistomuuntamoiden yhteydessä, tai vikarajauksen kannalta edullisissa paikoissa.

Järjestelmään on lisäksi kytketty LINETROLL vianilmaisimia erotinasemien yhteyteen vian rajaamisen helpottamiseksi sekä turhien vikaa vasten tehtyjen kytkentöjen estämiseksi. Vianilmaisimien toiminnassa on kuitenkin ilmennyt paljon epävarmuutta ja vikoja, joiden vuoksi niitä ei toistaiseksi käytetä.

Jotta SCADAlla voidaan ohjata erottimia, täytyy ensin ottaa yhteys radiojärjestelmällä erotinaseman modeemiin, joka välittää SCADAn ja erotinaseman välillä kommunikaatioita. Kullekin asemalle on määritetty osoite. Keskusasema lähettää kyselyssä osoitetiedon, osoitteen tunnistava asema vastaa kyselyyn ja avaa linjan. Kun linja on avattu, erottimien tilatiedot päivittyvät SCADAn erotinasemakuvaan (kuva 11). Tämän jälkeen voidaan antaa erottimien ohjauskäskyjä, valitsemalla ohjattavan erottimen ikoni ja antamalla auki tai kiinni käsky. Linja suljetaan kun erottimen tilatieto päivittyy ja voidaan todeta erottimen toimineen.



Kuva 11. SCADAn erotinasemakuva.

Kaukokäytön data siirretään SCADA-koneelta erotinasemalle omassa radioverkossa. Viestiyhteys toimii neljällä kanavalla, ja protokollana toimii ANSI x3.28. Ala-asemat eivät lähetä mitään sanomia spontaanisti, vaan sanomat ovat aina vastauksia keskusaseman kyselyihin. Keskusasema sijaitsee toimitalolla, josta on kaapeliyhteys Kallinkankaan radiomastolla sijaitsevaan tukiasemaan.

Tukiaseman kautta kulkee kaikkien erotinasemien liikennöinti. Kaapeliyhteys toimitalolta Kallinkankaalle on omalla kupariparikaapelilla (VMOHBU) sekä operaattoreiden kaapeleiden vuokrapareilla. Kaapeli on useaan otteeseen vaurioitunut, joka on osaltaan aiheuttanut katkoksia ja epäluotettavuutta kaukokäytön toimivuuteen.

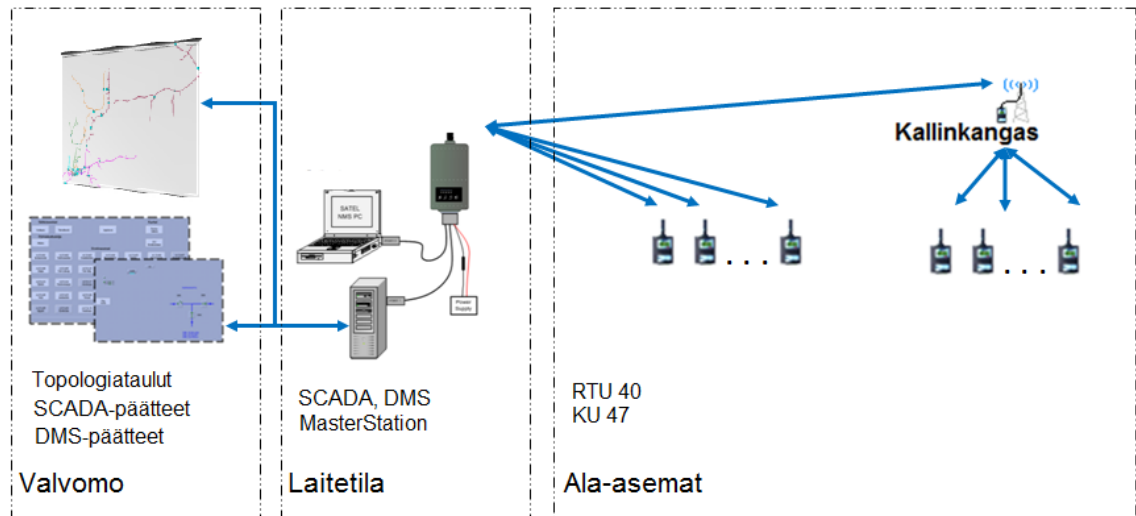
#### 4 KAUKOKÄYTTÖJÄRJESTELMÄN PÄIVITYS

Kaukokäyttöjärjestelmän ongelmien vuoksi Keminmaan Energia Oy aloitti järjestelmän päivitysprojektin. Ensimmäiset alustavat selvitykset on tehty vuonna 2011. Itse pääsin projektin parissa työskentelemään kesäkuussa 2013, jolloin päivityksen kohteeksi oli päätetty radioverkko sekä päivityksen toimittajaksi ABB.

Radiojärjestelmän päivityksen käyttöönottovaiheessa selvisi, että radioverkon päivitys ja asemakommunikaation päivittäminen ANSI x3.28 protokollasta IEC-101 protokollaan vaatii myös lähes kaikkien ala-asemaelektroniikkojen vaihtamisen. Tämä oli takaisku projektin etenemiselle, sillä aikaisemmin ei ollut tullut esille merkkejä siitä, että elektroniikat pitäisi vaihtaa. Toisaalta suurin osa käytössä olleista elektroniikoista olivat yli 20 vuotta vanhoja, joten elektroniikkojen vaihtaminen olisi tullut joka tapauksessa eteen lähivuosina.

Päivityksen yhteydessä radiojärjestelmän taajuus muuttuu 409,5 MHz:ksi, jolloin asemien antennit tuli myös vaihtaa. Uudet antennit ovat Completech:n yageja tai ympärisäteileviä antennejä. Antennien tyyppi riippuu aseman sijainnista ja modeemin roolista. Antennit on viritetty tietylle taajuusalueelle, ja sen säteilykuvio, ts. peittoalue riippuu antennin ominaisuuksista, jotka ovat kytköksissä antennin fyysiseen ulkomuotoon ja rakenteeseen. Toistimena toimivissa asemissa antennin säteilykuvion täytyy olla laaja, ja pitkällä linkkiväleillä säteilykuvion pitää olla kohdistuneempi antennin suuntaan, jolloin kantama on pitempi. Liitteessä 3 on esitetty päivityksessä käytetyt antennit.

Päivityksen jälkeen kaukokäyttöjärjestelmän käytettävyys paranee. Radioverkon hallintaan saadaan työkalu, jonka avulla radiojärjestelmän tilaa voidaan tarkkailla ja ala-asemien modeemien asetuksia tarvittaessa muuttaa etänä. Muutoin muutokset tulevat olemaan pieniä, ja järjestelmän periaate ei muutu alkuperäisestä. Kuvassa 12 esitetään päivitetyn kaukokäyttöjärjestelmän periaate.



Kuva 12. Kaukokäyttöjärjestelmän periaatekuva.

#### 4.1 Selvitystyöt

Radioverkon määrittelyn teki Satel Oy. Määrittelyn lähtötietoina olivat nykyisten ja tulevien asemien sijainti ja määrä. Radioverkon topologia, antennityypit, korkeudet ja antennien suunnat määrettiin radioverkkosuunnitelmassa, jonka pohjalta radioverkko muodostettiin käyttäen Satel Oy:n Satel NMS PC-verkonhallintatyökalua.

Radioverkon rakentamiseen ja ylläpitämiseen tarvitaan lupa viestintävirastolta. Jokaisesta asemasta täytettiin lupahakemus, johon liitettiin karttakuva aseman sijainnista. Hakemuksessa ilmaistaan virastolle tärkeimmät tiedot, kuten radio-laitteen tarkoitus, tekniset tiedot sekä antennin suunta ja korkeus. Liitteessä 2 Ficoran radiolupahakemuksiin liittyvä RVS-lomake.

Ala-asemapäivityksiin liittyen tuli selvittää, minkä tyyppisiä kukin asema on. Selvityksen avulla määriteltiin, minkälaiset päivityselektroniikat asemiin tarvitaan ja mitä muita komponentteja mahdollisesti pitää hankkia. Puutteellisen ja hajanaisen dokumentoinnin vuoksi selvitystyöhön ryhdyttiin yhteistyössä Kuumic Oy:n kanssa. Kaikki asemat kuvattiin ja kuvat lähetettiin Kuumic Oy:lle asematyyppin ja tarvittavat korvauselektroniikan määrittystä varten. Selvityksen tuloksena

saimme tietää kunkin aseman nykyisen sekä tarvittavan korvauselektroniikan tyypin.

Radioverkon tärkein kohde, Kallinkankaan radiolinkki vaati myös selvitystyötä osakseen. Uuden radiolinkin asennusta varten tuli selvittää radiomastoihin ja niiden laitetoissa tehtävien muutosten käytännöt sekä se, kuka muutokset voisi tehdä. Kallinkankaan radiomastoa hallinnoi Unibase Oy, mutta mastoon ja laite-tilaan tehtävät muutokset tuli ilmoittaa asennusilmoituslomakkeella TeliaSoneralle. Neuvotteluja mastoon tehtäviin muutoksiin helpotti se, että Kemnimaan Energia Oy:llä oli jo valmiiksi kaksi antennia mastossa, joista toinen ei ollut enää käytössä. Antennien muutostyöt mastossa suoritti Eltel Networks Pohjoinen Oy, laitetilassa tehdyt asennukset KME:n työntekijät.

#### 4.2 Päivitettävät ala-asemat

Päivitettäviä erotinasemia on 35 kpl, joista 32 on ollut viimevuodet käytössä. Lisäksi verkkoon on kytketty yksi pylväskatkaisija. Ala-aseman päätehtävinä on suorittaa erottimien auki ja kiinni ohjaukset sekä välittää erottimien ja akuston tilatiedot valvomoon. Ala-aseman tyyppi riippuu aseman sijaintipaikasta sekä ohjattavien erottimien lukumäärästä.

Peruseriaatteeltaan kaikki erotinasemat ovat samanlaisia. Käyttöjännite on 24VDC, ja 230VAC apujännite syötetään lähimmästä muuntopiiristä. Pylväserotinasemilla ulkoisina erotinohjaimina on käytetty ABB:n hitaita ohjaimia UEMC 50 L\_, ja ohjainkeskuksina on käytetty ohjaimiin tarkoitettuja UEMC 50\_1-keskuksia. Joissain erikoistapauksissa, missä erotinohjain on erissä pylväässä kuin ala-asema, ohjainkeskukseen on asennettu myös oma akusto kuten kuvassa 13.

Antennin sijoittamisessa on käytetty useampaa tapaa. Osassa asemia antenni on aseman kanssa samassa pylväässä, 20 kV linjan ylä- tai alapuolella. Jois-



sain tapauksissa antennille on pystytetty oma pylväs, joka olisi paras vaihtoehto niin antennien huoltoa kuin asemien päivitystäkin ajatellen.

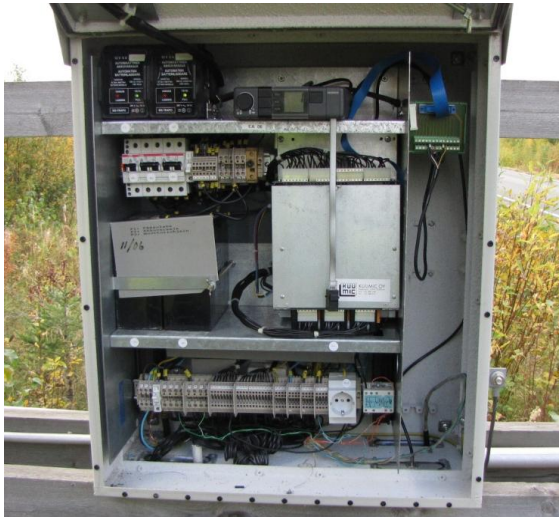


Kuva 13. Erotinohjainkeskus, jossa oma akusto.

#### 4.2.1 RTU 4

RTU 4 on 1980-luvulla kaukokäyttöä varten suunniteltu ala-asema. Asemaan kuuluu ohjauskeskuskaappi MJTK-40 ja ala-asemaelektroniikka KU3. Asema voi ohjata 1–4-erotinta.

Suurin osa ala-asemista on kuvassa 14 esitetyn kaltaisia, RTU 4 tyyppisiä asemia. Aseman nimenä on käytetty myös elektroniikan tunnusta KU3, sekä asemaa on kutsuttu myös Vladimir-asemaksi. Kaikki tämän tyyppiset asemat on sijoitettu verkon solmukohtiin, missä runkojohto haarautuu. Solmukohtiin sijoittaminen antaa hyvät mahdollisuudet vian rajaamiseen ja vaihtoehtoisten syöttöreittien käyttämiseen.

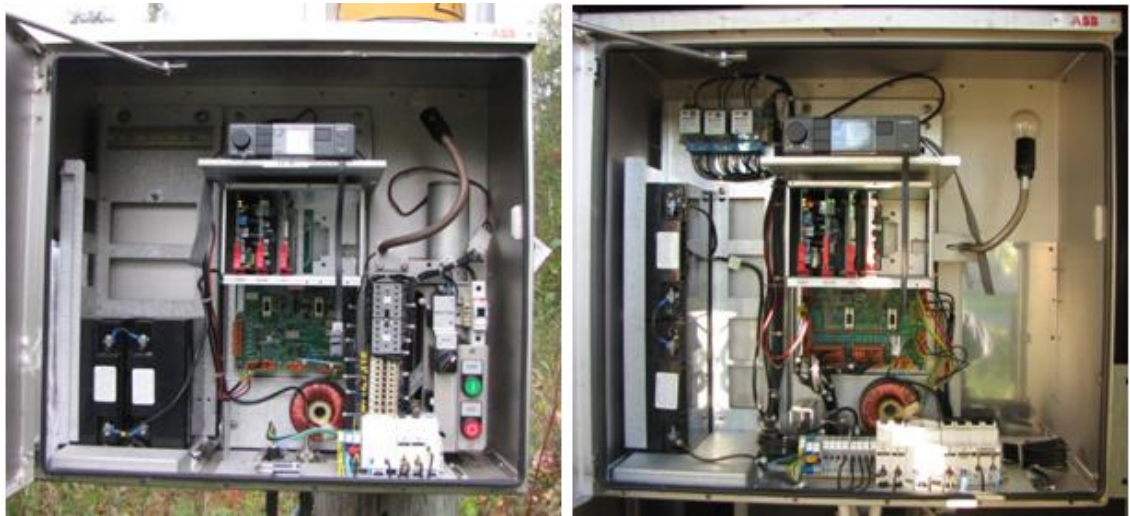


Kuva 14. RTU 4 -ala-asema

#### 4.2.2 DTU 1 ja DTU 4

DTU 1 -asemakaapin sisällä on asemaelektroniikka sekä erotinohjain (Kuva 15). Erotinasemiin, joissa ohjataan vain yhtä erotinta, on ala-asematyypiksi valittu DTU 1 -asema. Ala-asemia on sijoitettu jakorajaerottimien paikalle sekä lyhyille haarajohdoille vian rajaamisen nopeuttamiseksi.

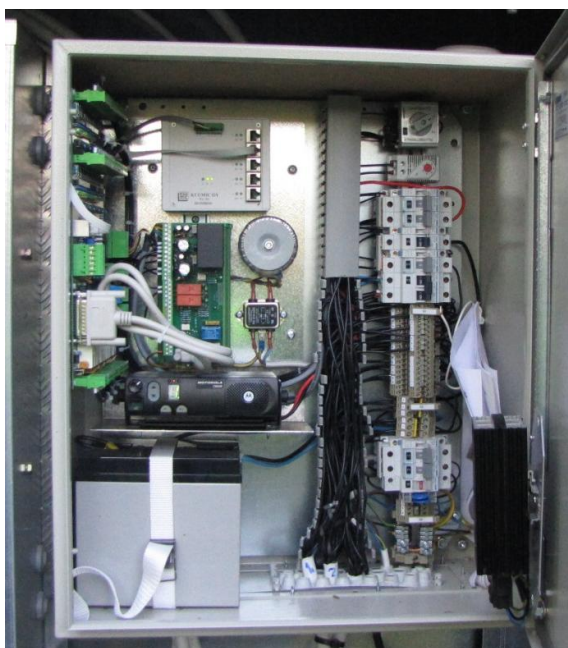
DTU 4 -ala-asema (kuva 15) on kehitelty DTU 1 -aseman pohjalta, joten asema on tekniikaltaan käytännössä sama. Vain elektroniikan tulojen ja lähtöjen määrä on mukautettu mallin tarpeen mukaan. Asema on suunniteltu neljän erottimen ohjaamiseen, ja asema sisältää erillisen ala-asemakaapin, asemaelektroniikan sekä kolme tai neljä pientä moottoriohjainyksikköä. (ABB 1995.) Kahdessa puisto- ja maantienmuuntamossa on otettu käyttöön kyseinen asematyyppi.



Kuva 15. Vasemmalla DTU 1 -asema ja oikealla DTU 4.

#### 4.2.3 RTU 40

Uusimmissa asemissa, jotka on otettu 2000-luvulla käyttöön, on asematyyppiä valittu nykyaikainen RTU 40 -asematyyppi (kuva 16). Asema on suunniteltu kaukokäyttöön, ja sillä voidaan sekä nykyaikaistaa 1980-luvulla suunniteltuja ala-asemia, että toteuttaa uusia asemia. Ala-asemalla voidaan ohjata 1–6-erotinta. (Kuumic Oy 2008.)



Kuva 16. RTU 40 -ala-asema.

Asemassa on tilatietoja varten 32 optoerotettua binäärituloa ja ohjauksia varten 13 ohjausrelettä, joista yksi voi toimia sarjareleenä. Tulojen sekä ohjausreleiden tilat voidaan nähdä I/O-kortin indikointiledeillä. Ala-aseman ja valvomon välinen kommunikaatioprotokolla riippuu asemaa kontrolloivan CPU:n ohjelmasta. Protokolla voi olla ANSI x3.28, IEC-101, PROCOL, TELEGYR 801 tai NETCON 8810. Asemaan voidaan liittää myös SPA-väylä suojarkeitä varten. Osoitealueet ja liikennöintimäärittelyn ohjelma lukee CPU-kortin Flash-muistiin tallennetusta parametritiedostosta. (Kuumic Oy 2008.)

#### 4.2.4 Pylväskatkaisija

Pylväskatkaisija asennettiin Itäkosken lähtöön, nk. Sompujärven haaran alkupäähän vuonna 2008. Katkaisijan tarkoitus on suojata haaralla tapahtuvat viat niin, etteivät Itäkosken lähdön muut asiakkaat koe käyttökeskeytystä. Katkaisijan suojarelleen toimii ABB:n REC 523, joka sijaitsee pylväskatkaisijan alaseamayksikössä (kuva 17). Aseman liikennöinti tapahtuu GSM-verkon kautta. Katkaisijan ohjaukset ja asettelut sekä mittaukset ovat kuitenkin liitettyinä SCADAan kuten muutkin kaukokäyttöjärjestelmän ala-asemat.



Kuva 17. Pylväskatkaisijan ala-asema. Keskukseen vasemmassa ylälaidassa suojarle REC 523.

### 4.3 Asemapäivitykset

Ensimmäiset asemapäivitykset tehtiin yhteistyössä ABB:n ja Kuumicin kanssa. Ensin pystytettiin radioverkko, mikä tarkoitti verkon ylläpitomodeemin, Master-Stationin, asentamista ja liittämistä SCADAan sekä antennin asentamista toimitalon katolle. Radioverkkoa laajennettiin sitä mukaan, kun asemia päivitettiin. Järjestelmän käyttöönoton aikana päivitettiin kolme erotinasemaa sekä pylväskatkaisija liikennöimään uuden radioverkon kautta IEC-101 protokollalla.

Käyttöönottovaihe oli samalla opastus asemapäivityksien asentamiseen, sillä muut asemapäivitykset hoidettiin KME:n omien työntekijöiden voimin. Asemapäivityksiin saatiin Kuumicin laatimat kirjalliset ohjeet, joiden mukaan elektronikat vaihdettiin. Radioverkon päivityksen vaatimat SCADA-muutokset jätettiin ABB:n tehtäväksi.

Asemapäivityksiä asentaessa ilmeni ongelmia etenkin DTU 1 -asemien kanssa. Vaikeaselkoiset päivitysohjeet, DTU 1 -asemien erilaiset versiot sekä jälkeensä tehdyt muutokset saivat aikaan asennusvirheitä. DTU 4 ja RTU 4 -asemien päivitykset onnistuivat hyvin, vähäisten johdotusmuutosten ansiosta. Asemien päivityselektroniikan asentamisen jälkeen asemat parametroidiin. Parametrit olivat Kuumic Oy:n valmiiksi kirjoittamia, ja ne sopivat DTU ja RTU -asemien päivitykseen. Oletusparametreihin muutettiin vain aseman osoitetiedot. Parametrien lataamisesta asemaan kerrotaan tarkemmin kappaleessa *4.3.4 Asemien parametointi*.

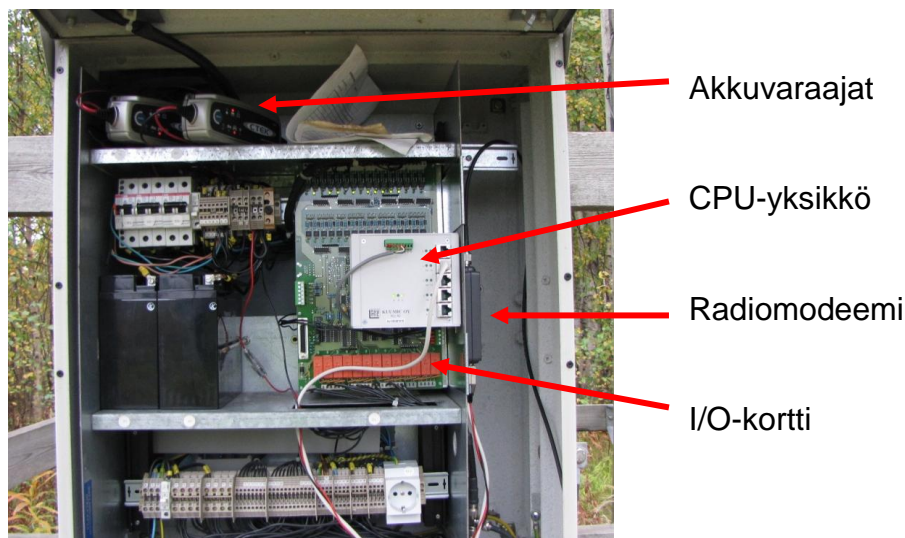
#### 4.3.1 RTU 4 korvaaja KU 40

RTU 4 -asemaelektroniikat korvattiin uusilla, asematyypin päivittämiseen suunnitelluilla KU 40 -asemaelektroniikoilla. Korvauselektroniikka on sama kuin RTU 40 -asemien elektroniikka, (ks. *4.2.3 RTU 40*) mutta kokoonpano on hieman erilainen. Koska jo käytössä olevia RTU 40 -asemaelektroniikkoja ei tarvitse



radiopäivityksen yhteydessä vaihtaa, selvyiden vuoksi korvauselektroniikoista päätettiin käyttää KU 40 -nimitystä, joka on ala-aseman CPU-yksikön tunnus.

RTU 4 -asematyyppien päivitys oli yksinkertaista. Elektroniikan I/O-liityntäjohtimia ei tarvinnut muuttaa, vaan vanhan elektroniikan liittimet kävivät yksiin päivityselektroniikan liittimien kanssa. Vanhan aseman akut olivat maadoitettu akkujen keskeltä (+12 VDC) M-kiskoon. M-kiskon maadoitus poistettiin, minkä vuoksi releiden ja radion sähkönsyöttöön tuli tehdä johdotusmuutokset. Kuvassa 18 on päivitetty RTU 4 -ala-asema.



Kuva 18. KU 40 korvauselektroniikka. Vertaa kuvaan 14.

#### 4.3.2 DTU 1 ja 4 korvaaja KU 47

DTU 1 ja DTU 4 -ala-asemat päivitettiin samalla korvauselektroniikalla. DTU 1 -aseman kokoonpano on hieman erilainen, jonka vuoksi päivityksen yhteydessä liittimien pinnanumerointia sekä johdotuksia tuli muuttaa. Päivityksessä irrotettiin vanha elektroniikka asemasta, irrottamalla liittimet aseman I/O-kortista, ja asentamalla uusi elektroniikka paikoilleen. Johdotusmuutokset tehtiin Kuumin ohjeiden mukaan, käyttämällä vanhoja liittimiä numeroiden ne uudelleen vastaamaan uuden elektroniikan pinnanumerointia. Päivityksen yhteydessä 230 VAC-syötön 1 A:n johdonsuojakatkaisija vaihdettiin 4 A:n malliin.

DTU 4 -aseman vaihto tapahtui samalla tavalla kuin DTU 1, mutta liittimet kävivät suoraan korvauselektronikan liittimiin. Tilatietojen ja ohjausten johdotuksia ei tarvinnut muuttaa. Analogiatuloihin kytketyt johtimet kytkettiin korvauselektronikassa valmiina olleeseen liittimeen, sillä vanhan aseman liitin oli erilainen. Myös DTU 4 -asemissa 230 VAC-syötön johdonsuojakatkaisija vaihdettiin 1 A:n mallista 4 A:n malliin.

Asemaelektronikka koostuu I/O-kortista, liitinkortista sekä KU 40 CPU-kortista. Elektronikan CPU-yksikkö on siis sama kuin RTU 4:n korvauselektronikassa. Liikennöinti-protokollana päivitettyissä asemissa voi toimia joko ANSI x3.28 tai IEC-101, jotka ohjelmoidaan CPU-yksikköön Rku4Win-ohjelmalla. Asemassa on neljä RS232-sarjaliikenneporttia sekä yksi RS485-sarjaportti. Elektronikan 20 optoerotettua tilatietoa, kahdeksan ohjausrelettä, kaksi ulkoista analogiatuloa sekä kolme sisäistä analogiamittausta antavat tarvittavat ohjausmahdollisuudet sekä tilatiedot ala-asemasta valvomoon. Asemaan on myös integroitu 24V/60W akkulaturi lämpötilakompensoidulla latausjännitteellä. (Kuumic Oy 2008.)

#### 4.3.3 RTU 40 ja pylväskatkaisijan ala-aseman päivitys

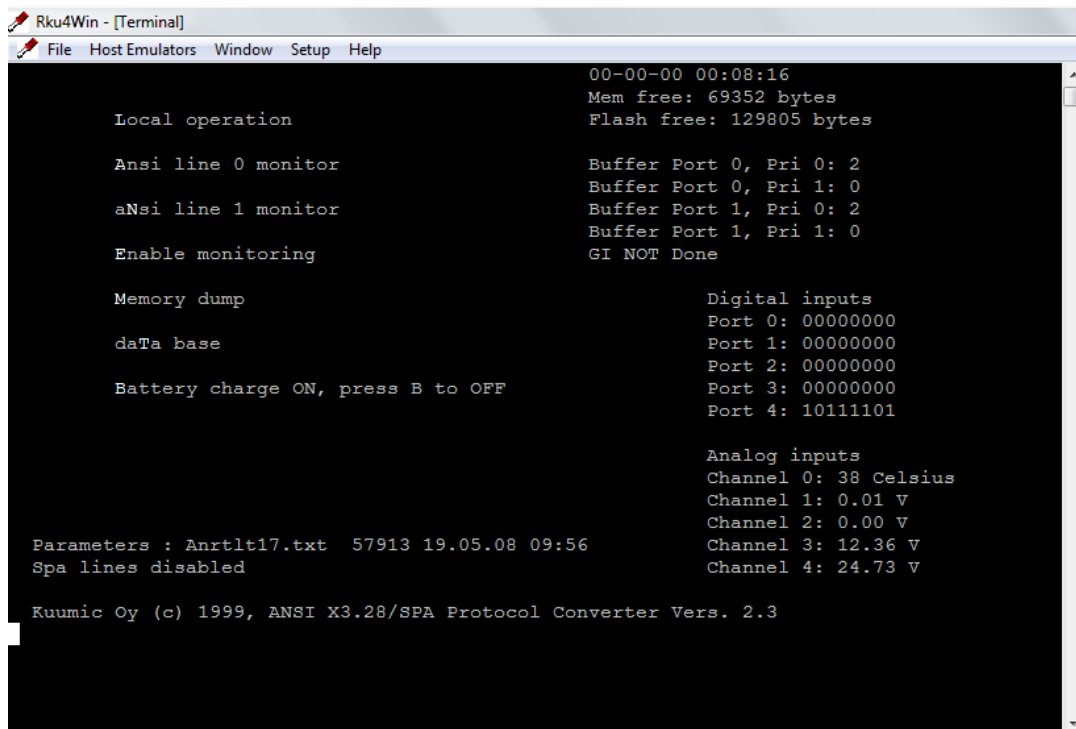
Asemien päivityksessä ei tarvinnut vaihtaa asemaelektronikkoja eikä muuttaa asemien sisäisiä johdotuksia. RTU 40 -ala-asema (kuva 16) päivitettiin poistamalla vanha radio sekä I/O-kortin ja CPU:n välinen liikennöintikaapeli. Tilalle asennettiin uuden radiojärjestelmän modeemi sekä vaihdettiin CPU-yksikön ohjelma ja parametrit Rku4Win-ohjelmalla.

Pylväskatkaisijan ala-asemalla (kuva 17) asennettiin uuden järjestelmän modeemi ja otettiin vanha gsm-liikennöinti pois päältä. Teknisesti ottaen asemaa ei siis päivitetty, vaan sen liikennöinti vaihdettiin päivityksessä käyttöönotettavaan järjestelmään. Asettelumutokset pylväskatkaisija-aseman liikennöintiin teki ABB.

#### 4.3.4 Asemien parametointi

Jotta asemat pystyisivät kommunikoimaan SCADAn kanssa uuden järjestelmän kautta, tuli asemien CPU-yksiköihin ladata asemakohtaiset parametrit. Parametrit olivat Kuumicin oletusparametrit, joihin kirjoitettiin vain aseman osoite. Aseman parametreihin kirjoitettu osoite vastasi aina aseman radiomodeemin osoitetta. Näin välttyttiin asemien ja radiojärjestelmän osoitteiden ristiriidoilta.

Asemat parametroidiin Kuumicin Rku4Win-työkaluohjelmalla. Ohjelma on suunniteltu asemien parametointiin, mutta ohjelmalla voidaan myös monitoroida ala-asemakommunikaatiota esim. vianetsinnän yhteydessä. Parametrit ladattiin asemaan liittämällä PC-sarjaliikennekaapelilla ala-aseman CPU-yksikön konso-liportiin. Aluksi ruutu on täysin musta, mutta ruudun päivittämisen jälkeen ikkunaan päivittyy asematietonäkymä, kuten kuvassa 19. Ruudulta nähdään mm. parametritiedoston nimi sekä käytössä olevan ohjelman tyyppi. Parametrien onnistuneen latauksen jälkeen ruutu päivitetään uudestaan, jolloin Parameters-riville tulee lukemaan ladatun parametritiedoston nimi.



```

Rku4Win - [Terminal]
File Host Emulators Window Setup Help

00-00-00 00:08:16
Mem free: 69352 bytes
Flash free: 129805 bytes

Local operation
Ansi line 0 monitor
aNsi line 1 monitor
Enable monitoring
Memory dump
daTa base
Battery charge ON, press B to OFF

Digital inputs
Port 0: 00000000
Port 1: 00000000
Port 2: 00000000
Port 3: 00000000
Port 4: 10111101

Analog inputs
Channel 0: 38 Celsius
Channel 1: 0.01 V
Channel 2: 0.00 V
Channel 3: 12.36 V
Channel 4: 24.73 V

Parameters : Anrtlt17.txt 57913 19.05.08 09:56
Spa lines disabled

Kuumic Oy (c) 1999, ANSI X3.28/SPA Protocol Converter Vers. 2.3

```

Kuva 19. Rku4Win-työkaluohjelman näkymä ennen parametrien ja uuden ohjelman latausta.

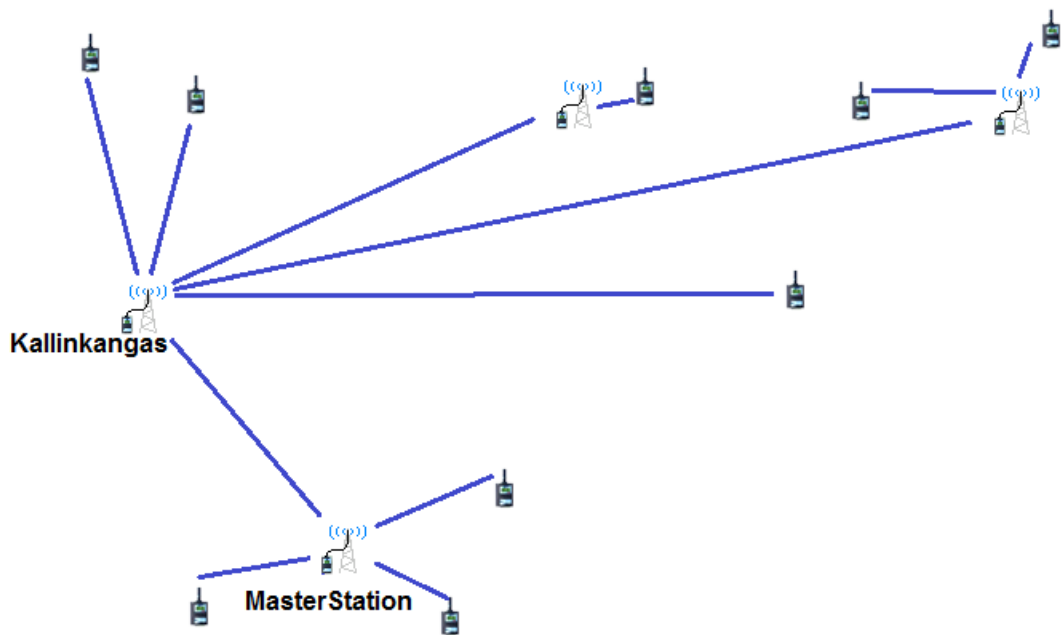


RTU 40 asemien päivityksessä tuli muuttaa ensin aseman ohjelma ANSI x3.28 liikennöinti-protokollan ohjelmasta IEC870-5 liikennöinti-protokollan ohjelmaan. Ohjelman lataus tapahtui samaan tapaan kuin parametrien lataus, mutta ohjelmaan ei tehty mitään muutoksia. Ohjelma on BIN-tiedosto, ja se ei ole loppukäyttäjän muokattavissa. Onnistuneen latauksen jälkeen asemaan ladattiin asemakohtaiset parametrit, kuten edellä on kuvattu.

#### 4.4 Radiojärjestelmä

Radiojärjestelmä koostuu radioverkonhallintatyökalusta, radiomodeemeista ja niiden välisistä yhteyksistä sekä antennista kaapeleineen. Radiomodeemien väliset yhteydet muodostavat radioverkon. KME:n radiojärjestelmä koostuu verkon ylläpitomodeemista MasterStationista, Kallinkankaan toistimesta, sekä alasemien radiomodeemeista ja niiden antennista. Radioverkon topologia määrytyi Satel Oy:n tekemän radioverkkosuunnitelman mukaan.

Liikennöinti SCADAn ja asemien välillä kulkee MasterStationin kautta (ks. kuva 12). Toimitalon lähellä olevat asemat liikennöivät suoraan ylläpitomodeemiin, kauempana olevien asemien liikennöinti kulkee Kallinkankaan toistimen kautta. Radiolinkkien yhteydet on havainnollistettu kuvassa 20. Järjestelmän liikennöinti-protokollana toimii IEC-101, joka on suunniteltu ala-asemakommunikaatiota varten.



Kuva 20. Keminmaan Energia Oy:n uuden radioverkon periaatekuva.

Radioverkko rakennettiin Satelin radioverkonhallintatyökalulla, Satel NMS PC -ohjelmalla. Käyttöönottovaiheessa luotiin ohjelmaan verkko, jossa määriteltiin verkon asetukset. MasterStationiksi valittu modeemi synkronoitiin ohjelmointikaapelilla. Masterin luonnin jälkeen radioverkkoon lisätyt ala-asemamodeemit lisättiin ensin verkonhallintaohjelmaan, sitten synkronoitiin lisättävä modeemi. Modeemin synkronoinnin jälkeen MasterStation-modeemi synkronoitiin uudelleen muuttuneiden yhteyksien käyttöönottoa varten.

Toimintaperiaatteena on, että radioverkonhallintaohjelmalla luodaan tiedosto joka määrittää radioverkon topologian, ala-asemamodeemit ja asetukset. Tämän jälkeen tiedosto ladataan MasterStation-modeemiin, joka ylläpitää tiedoston määrittämää radioverkkoa. Liitteessä 4 on esitetty kuvat Satel-modeemien kytkennöistä synkronoinnin ja radioverkon toiminnan aikana.

Asemapäivityksessä asemien vanhat radiot ja antennit poistettiin käytöstä. Tilalle asennettiin uusi radiomodeemi sekä uusi antenni. Tarvittaessa antennille pystytettiin uusi pylväs, muutoin käytettiin vanhan antennin rakennetta hyväksi. Periaatteena yli 400 MHz taajuudella on, että antennilla pitää olla näköyhteys keskenään virheettömän toiminnan takaamiseksi. Kuitenkin yhteysvälimittauksil-

la selvitimme, ettei kaikilla asemilla tarvita korkeita, puiden latvojen yli olevia antennirakenteita. Saneerauksien yhteydessä tulisi kuitenkin pyrkiä pystyttämään antennille erillinen pylväs, helpottamaan huoltotoimenpiteitä ja varmistamaan radioyhteyden laatu.

#### 4.4.1 IEC-101 protokolla

Ala-asemien ja SCADAn välisenä kommunikointiprotokollana toimii uudessa järjestelmässä IEC 60870-5-101. Yleensä puhutaan lyhyemmin IEC-101 protokollasta. Protokolla on luotu 1990-luvun alussa energiasektorin käytönvalvontasovelluksiin. Protokollaa käytetään suhteellisen hitaissa sovelluksissa, ja standardi lupaa nopeudeksi 9600 bit/s, mutta nopeampiakin siirtonopeuksia käytetään. (IPCOMM GmbH 2014.)

Standardissa on kaksi mahdollista kommunikointiproseduuria, balansoitu ja balansoimaton liikennöinti. Balansoidussa liikennöinnissä ala-asemat voivat spontaanisti lähettää sanomia isäntälaitteelle (full-duplex). Balansoimattomassa liikennöinnissä ala-asemat eivät lähetä spontaaneja sanomia, vaan vastaavat aina isäntälaitteen kyselyyn (half-duplex). (IPCOMM GmbH 2014.)

#### 4.4.2 Radiomodeemit

Päivityksen yhteydessä radiomodeemit vaihdettiin kuvan 21 mukaisiin Satel Oy:n Satellite 3AS NMS -modeemeihin. Modeemit tarjoavat mahdollisuuden radioverkon hallintaan ja monitorointiin, ja kaikkia modeemien toimintoja ohjataan verkonhallintaohjelmalla. Viestinvälitystoiminnon lisäksi modeemien asetuksia voidaan muuttaa etäasennuksena, sekä sen kuntoa ja radiosignaalin voimakkuutta voidaan jatkuvasti tarkkailla. (Satel Oy 2014.)



Kuva 21. Päivityksessä käytetty Sateline 3AS NMS -modeemi.

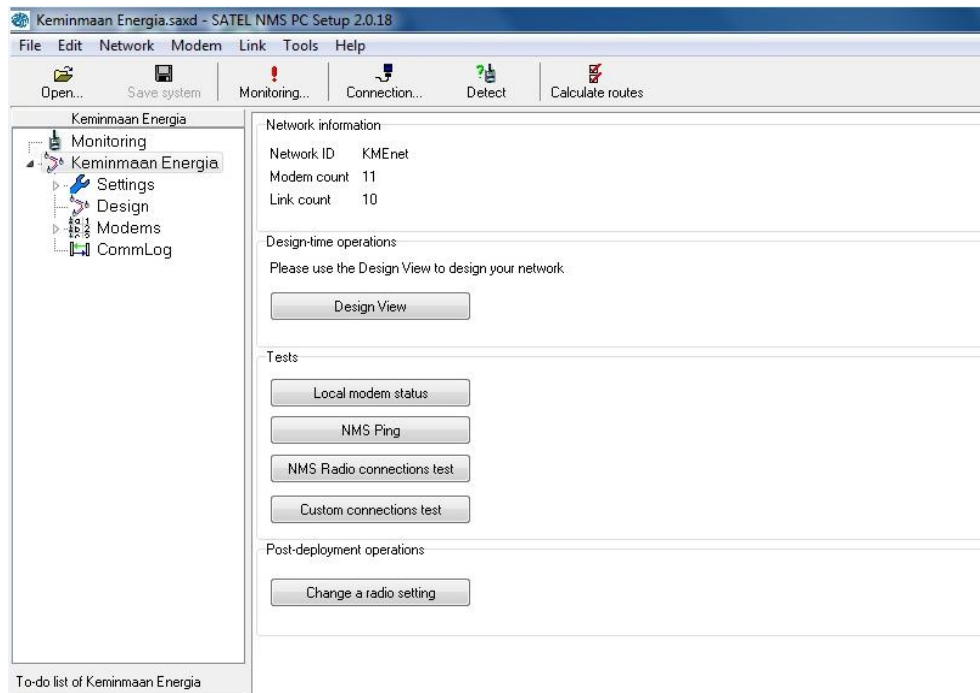
Toimiessaan modeemit lähettävät diagnostiikkatietoa hallintaohjelmalle, joka voidaan tallentaa loki- tai trenditiedostona. Tietojen tallennus ja tarkkailu kuitenkin vaatii sen, että radioverkon hallintatyökalu on käynnissä, ja liitettynä master-modeemiin. Modeemien joustavan reititysmahdollisuuden ja hyvien diagnostiikkatietojen avulla radioverkkoa voidaan laajentaa ja kehittää muuttuvien tarpeiden mukaan. (Satel Oy 2014.)

#### 4.4.3 Radioverkonhallintaohjelma

Radioverkko luodaan NMS-modeemeille Satel Oy:n Satel NMS PC -verkonhallintaohjelmalla (kuva 22). Ohjelma on suunniteltu Satel Oy:n tuotteilla rakennettujen radiojärjestelmien monitorointiin, diagnosointiin ja konfigurointiin. Ohjelma vaatii toimiakseen Windows XP, Windows Vista tai Windows 7 käyttöjärjestelmän. (Satel Oy 2014.)

Ohjelma sallii käyttäjän itse määrittää radioverkon rakenteen. Radioverkolla on aina yksi Master-modeemi, ja n-kappaletta ala-asemia sekä tarvittaessa toistasemia. Muodostettuja verkkoja voidaan selata joko modeemilistana tai kuvana, jossa näkyy verkkoon lisätyt modeemit ja niiden linkkireitit. Verkkoon lisättyjen modeemien asetuksia voi muuttaa etänä radioverkon kautta tai paikallises-

ti. Ohjelmassa on automaattisia toimintoja, jotka helpottavat ja nopeuttavat radioverkon luomista, esim. linkkien reititys tapahtuu automaattisesti modeemin lisäyksen yhteydessä. (Satel Oy 2014.)



Kuva 22. Kuvakaappaus Satel NMS PC -ohjelman aloitusnäytöstä.

#### 4.4.4 Radioliikenteen monitorointi

Radioverkon ja modeemien tilaa voidaan tarkkailla NMS-ohjelman monitorintiominaisuudella. Monitoroinnilla ei voida tehdä verkkoon tai sen asetuksiin muutoksia, vaan se on tarkoitettu radioverkon yhteyksien ja modeemien tilan diagnosointiin. Tarvittaessa saatujen diagnosointitietojen perusteella voidaan antaa esim. hälytyksiä. Monitoroinnin tuloksia voidaan tarkkailla lokitiedostona tai trendigrafiikkana. (Satel Oy 2014.) Monitoroinnin aikainen lokitiedosto tallennetaan oletuskansioon aina, kun monitorointi lopetetaan. Tämä auttaa esim. vianhakutilanteissa, kun voidaan vertailla eripäivinä suoritettujen monitorointien tuloksia.

Päivityksessä käytimme ohjelman monitorointiominaisuutta pääasiassa yhteysvälimittauksissa sekä radioverkon tilan tarkastelussa. Ennen asemien päivitystä teimme yhteysvälimittaukset niin, että radioverkkoon lisättiin kaksi modeemia, toinen määritettiin liikennöimään suoraan toimitalon modeemiin, toinen Kallinkankaan toistimen kautta. Monitorointiasetuksissa ohjelman määritettiin pollaamaan vain näitä kahta modeemia. Yhteysvälin mittaamiseksi asentajapari kävi kunkin aseman luona suuntaamassa uuden antennin määrättyyn suuntaan, lähellä sen suunniteltua sijoituspaikkaa. Sitten monitoroinnin diagnostiikasta selvitettiin, onko yhteys riittävä näin, vai pitääkö antennin sijoituspaikka vaihtaa tai käyttää toistinasemia yhteyden parantamiseksi.

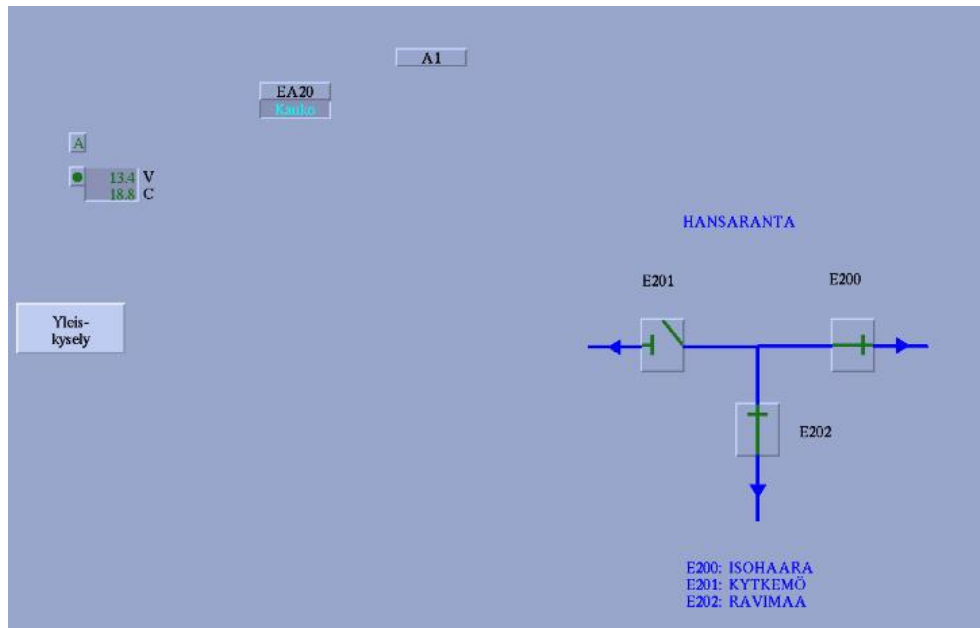
Päätimme sijoittaa uudet antennit mahdollisuuksien mukaan vanhoihin antennirakenteisiin. Antennit tulisi sijoittaa puiden latvojen yläpuolelle. Yllä kuvatulla yhteysvälimittausmenetelmällä radiovälit todettiin toimiviksi, vaikka monella asemalla vanha antenni oli sijoitettu selvästi puiden latvojen alapuolelle. Antennin sijoittaminen aiottua matalammalle tuli kysymykseen myös tapauksissa, missä sen sijoittaminen korkeammalle, 20 kV johdon ja puiden latvojen yläpuolelle olisi vaatinut kohtuuttoman pitkiä jakelukeskeytyksiä tai muita aikaa vieviä ja kalliita työjärjestelyjä.

Yhteysvälin katsotaan olevan luotettava ja toimiva siinä vaiheessa, kun RSSI-arvot ovat alle -100dBm. RSSI (received signal strength indicator) -arvot ilmaisevat yhteysvälin radiosignaalin voimakkuuden, ts. vaimeneman. Liitteessä 5 on ote monitoroinnin lokitiedostosta. Jatkossa, etenkin saneerausten yhteydessä, antennille tulisi pystyttää oma pylväs helpottamaan vastaavia tilanteita sekä huoltotoimenpiteitä.

#### 4.5 SCADA-muutokset

Liikennöinnin vaihtaminen uuteen järjestelmään vaati myös muutoksia käytönvalvontajärjestelmään. Muutoksessa vaihdettiin asemien liikennöinti-protokolla sekä asemien SCADA-kuvat muuttuivat hieman (kuva 23), sillä linjaa ei tarvitse

enää erikseen avata. Muutoksien tekeminen SCADAan olisi vaatinut syvällistä perehtymistä järjestelmään, sen toiminta- ja ohjelmointiperiaatteisiin sekä liikennöinti- ja ohjelmointiprotokollien tarkkaa tuntemusta. Muutokset SCADAan teki ABB etäyhteyden kautta. SCADAan tehdyt liikennöinti- ja ohjelmointiasetusten muutokset rajattiin tämän työn ulkopuolelle.

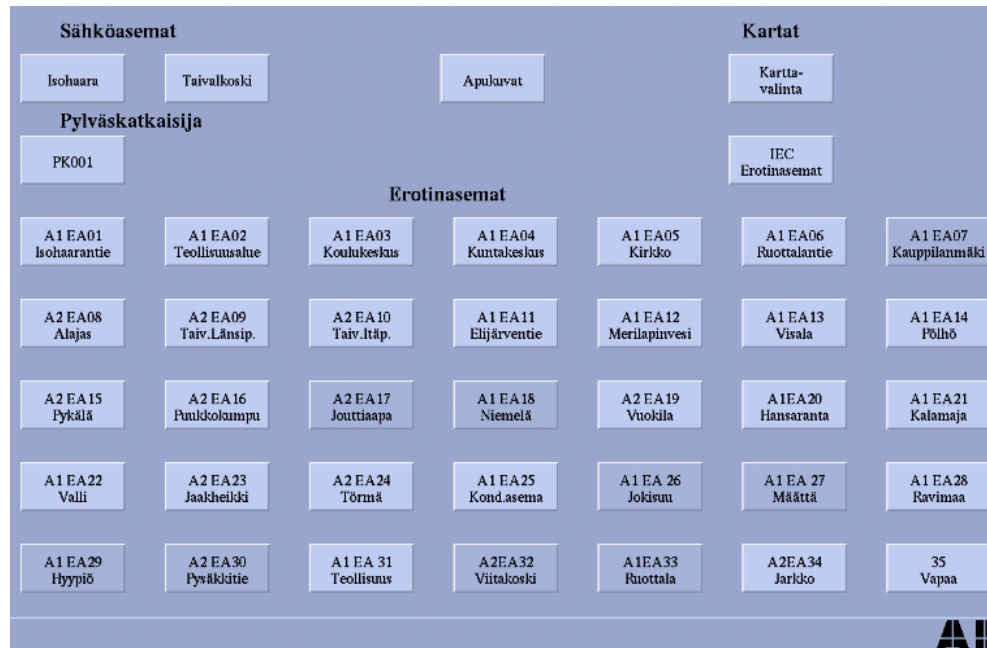


Kuva 23. SCADA:n päivitetty erotinasemakuva.

Konkreettisia muutoksia SCADA:ssa päivityksen yhteydessä on siis asemaku-  
van muutokset sekä se, että asemayhteyden avaamista ei enää suoriteta erik-  
seen. SCADA pollaa, eli kysyy asemien tietoja. Kun jokin tila muuttuu, se nä-  
kyy heti SCADA-koneen ruudulla sekä topologia- ja tauluissa. Mikäli erottimien oh-  
jauksia halutaan tehdä, avataan vain erotinasemakuva ja annetaan erottimen  
ohjauskäskeä kuten ennenkin. Tilatieto muuttuu heti, kun erottimen moottorioh-  
jain on suorittanut toiminnon.

Päivityksen aikana liikennöinti tapahtui rinnakkain kahdella eri protokollalla.  
Tämän havainnollistamiseksi Erotinasemat-ruutuun tehtiin oma kuva IEC-  
asemille. Lopulta kaikki asemat on IEC-liikennöinnissä, ja erillistä asemaikku-  
naa ei tarvita. Kuvassa 24 on SCADA:n erotinasemat-ruutu, kun asemien liiken-  
nöinti- ja ohjelmointiasetusten muuttaminen on vielä kesken. Päivityksen jälkeen, kun järjes-

telmä on lopullisessa muodossaan, IEC-erotinasemat-ikoni poistuu ja erotinasemat-ruutu näyttää samalta kuin ennen päivitystä.



Kuva 24. SCADAn erotinasemat-ruutu. Oikealla ylhäällä IEC-asemien valinta-ikoni.

SCADA-muutosten jälkeen aseman toiminta testataan niin, että aseman erottimia ohjataan valvomosta. Testauksen aikana erotinaseman ohjaintangot irrotetaan moottorihjaimesta, jotta mahdollisessa virhekäskyssä ei tapahtuisi jakelu-keskeytystä. Mikäli ohjainta ei saada kohtuudella irrotettua, käytetään johtolähtöjä väliaikaisesti renkaassa. Vaihtoehtoisesti voidaan erottimen ohjainliittimiä käyttää irti I/O-kortista, jolloin irrotetun liittimen ohjaama erotin menee välitilaan jolloin voidaan identifioida erotin, mitä kukin liitin ohjaa.

#### 4.6 Dokumentointi

Aikaisemmin KME:llä oli vain hajanaisia asiakirjoja kaukokäyttöjärjestelmän erotinasemiin ja radioyhteyksiin liittyen. Tämä hankaloitti varsinkin selvitystöiden alkuvaiheessa asematyypien määrittelyä. Kuitenkin asematyypit tulivat melko nopeasti tutuiksi, sillä vain muutama erilainen tapaus oli käytössä.



Päivityksen yhteydessä tavoitteena oli tuottaa sellainen dokumentointi, että mahdollisimman vähän jää jatkossa epäselväksi dokumentointiin tutustumisen jälkeen. Tärkein dokumentointitehtävä oli erotinasemalistan tekeminen. Listassa ilmenee jokaisen kaukokäyttöisen erotinaseman kattavat tiedot, kuten elektronikka tyyppi, kuinka monta erotinta se ohjaa, mitkä ovat erottimien tunnuksat yms.

Lista tehtiin kun vanhat asemat olivat vielä paikoillaan, joten siinä ilmenee luonnollisesti sekä vanhojen että uusien asemaelektronikkojen tyypit. Lisäksi listattiin uusien elektronikkojen sarjanumerot. Dokumenttiin merkittiin myös kaikki radiojärjestelmään liittyvät tiedot, kuten modeemien tyypit, niiden sarjanumerot, antennityypit sekä aseman päivityskuukausi ja -vuosi. Listaan merkittiin myös asemien huoltoon liittyvä akkujen vaihtopäivämäärä. Tiedostosta luotiin siis EA:en tietopankki sekä huoltokirja.

Yksi merkittävä dokumentointitapa oli myös erotinasemien kuvaaminen ja kuvien liittäminen verkkotietojärjestelmään. Näin esim. verkostosuunnittelun yhteydessä voi helposti nähdä kauimmaisenkin erotinaseman ja sen lähiympäristön, joka nopeuttaa sekä helpottaa erotinasemiin liittyvien tai sen läheisyydessä tapahtuvien töiden suunnittelussa. Samalla tavalla on dokumentoitu kaikki pj-verkon maajakokaapit sekä suurin osa muuntamoista.

Erotinasemien vaihtoon liittyvät asemakohtaiset dokumentit saatiin Kuumicilta. Nämä tiedostot, joissa on myös tekniset tiedot asematyypeistä, tallennettiin yhtiön verkkokansioon. Kansioon tallennettiin kaikki muukin päivitysprojektiin liittyvä dokumentaatio. Radioverkon hallintaan sekä asemien parametointiin luotiin myös omat ohjeet, joiden tarkoitus on helpottaa jatkossa radioverkkoon liittyvien töiden tekemisessä.

## 5 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli päivittää Keminmaan Energia Oy:n kaukokäyttöjärjestelmä radioverkon osalta. Radioverkosta kuitenkin käytettiin laajempaa käsitettä, radiojärjestelmää, sillä päivityksessä vaihdettiin kaikki radioverkon komponentit. Päivityksen yhteydessä jouduttiin myös vaihtamaan suurin osa käytössä olleista ala-asemaelektroniikoista.

Päivitysprojektin ensimmäisessä vaiheessa, ns. käyttöönottovaiheessa, käytönotetut asemat toimivat moitteettomasti, ja uusi yhteys todettiin huomattavasti nopeammaksi kuin vanhan järjestelmän yhteydet. Kuitenkin uuden järjestelmän käyttöönotto viivästyi useita kuukausia, sillä käyttöönottovaiheessa ilmenneet vaatimukset järjestelmän laajempaa päivitystä varten tulivat yllättäen, ja päivitystä varten tarvittavat asemat ja muut komponentit jouduttiin erikseen tilaamaan.

Pienen jakeluverkkoyhtiön organisaatiossa ei ole erikseen verkon kaukokäyttöön ja siihen liittyviin seikkoihin varattua henkilöstöä, kuten suuremmissa jakeluverkkoyhtiöissä. Keminmaan Energia Oy:llä sama henkilöstö hoitaa monta eri tehtävää, eikä näin ollen voi keskittyä vain yhden projektin hoitamiseen. Tämä seikka ja muut työkiireet vaikuttivat projektin pitkittymiseen, eikä asemapäivityksiä asennettu vuoden 2013–2014 vaihteessa. Lisäksi pakkasella tehtynä työt olisivat vaatineet asentajilta kohtuuttoman paljon paljain käsin toimimista. Asemapäivitykset päätettiin siirtää kesäkuukausille ja asemat päivitettiin kiireisimmän kesälomakauden jälkeen elokuussa 2014.

Radioverkon ylläpito- ja hallintatyökalut sekä radioverkkosuunnitelman toimitti Satel Oy. Ala-asemien radioliikennöintiä varten rakennettiin radioverkko käyttämällä Satel Oy:n radioverkonhallintatyökalua, SATEL NMS PC -ohjelmaa. Ohjelmalla ohjelmoitiin esiasetetut modeemit sekä muodostettiin linkit modeemien väliin radioverkkosuunnitelman mukaisesti. Radiosuuverkkosuunnitelman mukaan määräytyi myös kunkin aseman antennityyppi ja antennin suunta.

Kaukokäyttöerotinasemien elektroniikat toimitti Kuumic Oy. Kuumic Oy oli koonnut myös suurimman osan Keminmaan Energia Oy:n aiemmista kaukokäyttöerotinasemien elektroniikoista sekä antanut teknistä tukea asemiin liittyen. Ala-asemien päivitys tehtiin Kuumic Oy:n kehittämällä asemien päivityselektroniikoilla ja päivityselektroniikkojen vaihto-ohjeilla. Ala-asemien sisäisiin johdotuksiin tehdyt muutokset määräytyivät asematyypin mukaan.

Asemien päivitykset eivät sujuneet ongelmitta. Ongelmia ilmeni asemien elektroniikan vaihdoissa sekä muutaman ala-aseman kuuluvuuden kanssa. Ongelmat ratkaistiin yhdessä Kuumic Oy:n, Satel Oy:n sekä ABB:n teknisen henkilöstön kanssa. Työssä saavutettiin vaikeuksista huolimatta hyvä lopputulos: kahta erikoistapausta lukuun ottamatta kaikki asemat saatiin vaihdettua, radioyhteydet toimimaan sekä luotiin ajantasainen dokumentaatio kaukokäytettävistä erotinasemista.

Kaukokäyttöjärjestelmän päivitys antaa Keminmaan Energia Oy:lle erittäin hyvät mahdollisuudet kehittää verkkoaan ja sitä kautta asiakaspalveluaan. Päivityksen tuloksina saatiin paitsi päivitetty liikennöinti-protokolla sekä päivitettyt EA:t dokumentteineen, myös työkalu radiojärjestelmän hallintaan sekä hyvät lähtökohdat radioverkon joustavaan laajentamiseen. Järjestelmään voidaan lisätä myös automaattierottimien ja pylväskatkaisijoiden liikennöinti, kuten päivityksen yhteydessä tehtiinkin. Tämä antaa mahdollisuudet katkaisijoiden tehokkaaseen liissäämiseen, jolloin voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä tavoiteltaessa uuden sähkömarkkinalain asettamia toimitusvarmuuskriteereitä.

Opinnäytetyöni tekeminen oli erittäin mielenkiintoinen ja haastava prosessi. Työssä täytyi kaukokäyttöjärjestelmän toimintaperiaatteen ja komponenttien tuntemisen lisäksi soveltaa eri toimintatapoja sekä kerätä ja hyödyntää tietoa sähkötyöturvallisuusmääräyksistä radioliikennöinnin perusteisiin. Työn projektiluonteisuus sekä yhteistyö muiden organisaatioiden kanssa olivat antoisaa ja opettavaista. Osallistuin aktiivisesti ala-asemilla tehtäviin töihin sekä tein projektiin liittyviä päätöksiä itsenäisesti. Nämä kaksi seikkaa vaativat insinöörin perus-

taitoja ja vaatimuksia: vastuunkantoa, nopeaa päätöksen tekoa sekä luontevaa kommunikointia eri osapuolten välillä.

## LÄHTEET

ABB 1995. Kauko-ohjatut DTU erotinala-asemat, 34 DTU FI1 A, 1995-10-24.

Aura, L. & Tonteri, A. 1993. Sähkölaitostekniikka. Helsinki: WSOY.

Energiateollisuus 2014. Keskeytystilasto 2013. Hakupäivä 21.9.2014.  
[http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sahkoverkko/keskeytystilasto\\_2013.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sahkoverkko/keskeytystilasto_2013.pdf)

Energiateollisuus 2006. Verkostosuositus RJ 19:06.

Energiavirasto 2014. Sähköverkon tt tunnusluvut 2012. Excel-tiedosto. Hakupäivä 21.9.2014.  
<http://www.energiavirasto.fi/sahkoverkkotoiminnan-tunnusluvut-vuodelta-20121>

IPCOMM GmbH 2014. www-sivut. Hakupäivä 8.10.2014.  
<http://www.ipcomm.de/protocol/IEC101/en/sheet.html>

Keminmaan Energia Oy 2014. Vuosikertomus 2013.

Kuumic Oy 2008. RTU 40 IEC 870-5-101 erotinala-asema. Manuaali, versio 2.1., DTU 1/4 päivitysohje.

Lakervi, E. & Partanen J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto.

Lappeenrannan teknillisen yliopiston opintomateriaali 2014. Vikavirrat. Hakupäivä 21.9.2014.  
<https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl20a0700/luennot>

Mörsky, J. 1992. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Otatieto.

Satel Oy 2014. www-sivut. Hakupäivä 8.10.2014.  
<http://www.satel.com/fi/tuote/satellite-3as-nms-fi>

Suomen sähkölaitosyhdistys 1996. Verkostosuositus RM 6:96.

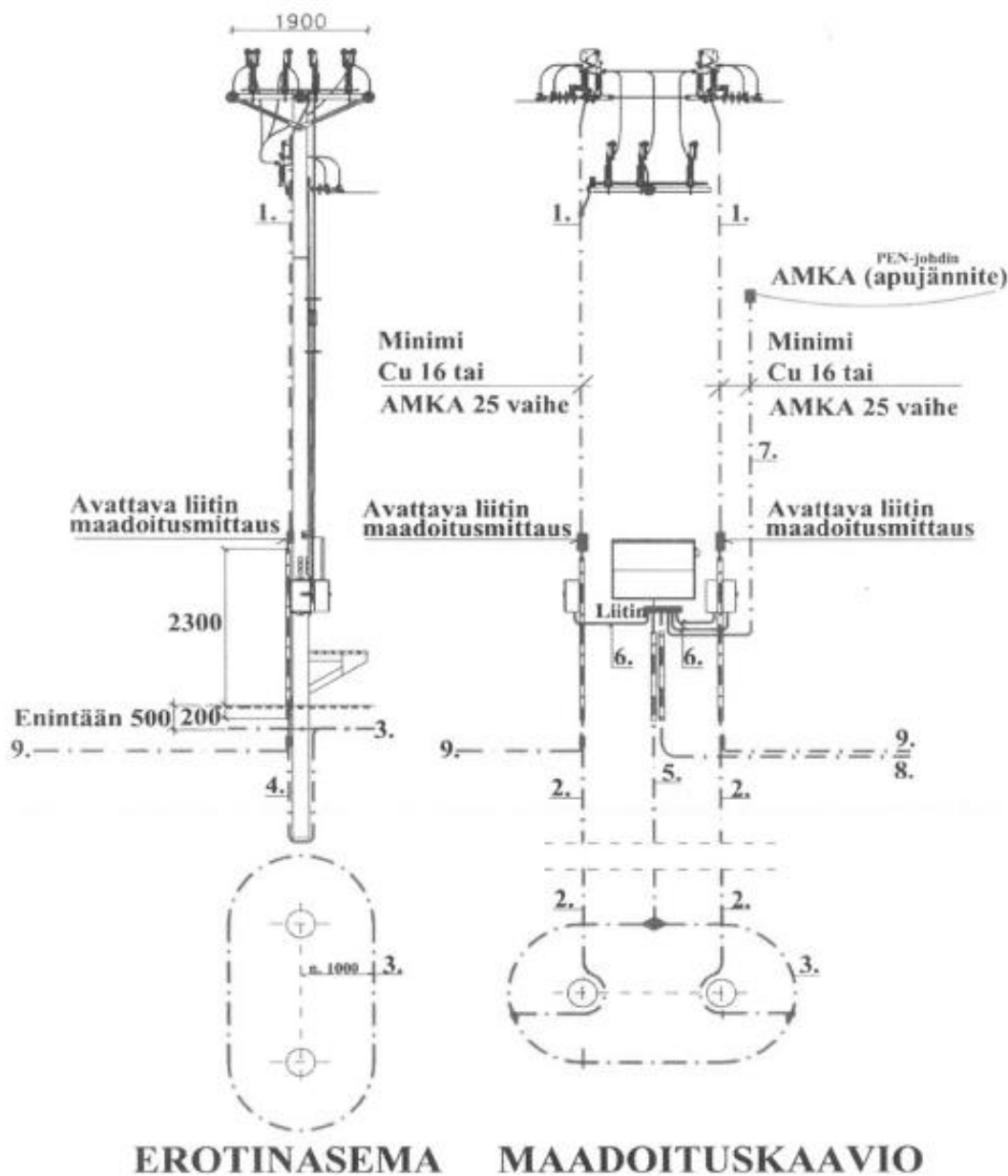
Sähkömarkkinalaki. Hakupäivä 25.9.2014.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588#Pidp5113216>

TEM 2014. Muistio ehdotuksiksi toimitusvarmuudesta. Hakupäivä 25.9.2014.  
[http://www.tem.fi/files/32354/Muistio\\_TEMin\\_ehdotuksiksi\\_toimitusvarmuudesta\\_16032012\\_final\\_clean.pdf](http://www.tem.fi/files/32354/Muistio_TEMin_ehdotuksiksi_toimitusvarmuudesta_16032012_final_clean.pdf)

## LIITTEET


- Liite 1. Kauko-ohjatun erotinaseman maadoitukset.
- Liite 2. RVS-lomake.
- Liite 3. Päivityksessä käytettyjen antennien tyypit ja ominaisuudet.
- Liite 4. Modeemien kytkennät.
- Liite 5. Satel NMS PC- monitoroinnin loki.

Liite 1. Kauko-ohjatun erotinaseman maadoitukset. (Verkostosuositus RJ 19:06)



- Johdin 1 = Erottimen suojamaadoitusjohdin erottimelta maadoitusliittimelle  
 Johdin 2 = Erottimen suojamaadoitusjohdin maadoitusliittimeltä elektrodiin  
 Johdin 3 = Potentiaalinojauselektrodi  
 Johdin 4 = Tyvimaadoituselektrodi  
 Johdin 5 = Ohjauskeskuksen ja moottorinojainten maadoitusjohdin  
 Johdin 6 = Moottorinojaimien koteloiden suojamaadoitusjohdin  
 Johdin 7 = Syöttökaapelin PEN-johtimen maadoitusjohdin  
 Johdin 8 = Antennin maadoitusjohdin  
 Johdin 9 = Säteittäiset maadoituselektrodit (asennetaan, mikäli halutaan parantaa maadoitusta ylijännitesuojaus huomioiden)

## Liite 2. RVS-lomake. 1(2)

 <b>Viestintävirasto</b> Kommunikationsverket Finnish Communications Regulatory Authority		<b>RADIOVERKKOSUUNNITELMA</b>	<b>RVS</b>
Tämä lomake on tarkoitettu radioverkkosuunnitelman esittämiseen Viestintävirastolle kanavan varaamista varten. Radioverkkosuunnitelma tarvitaan sellaisille radioähtimille, joiden halussapitämiseen ja käyttämiseen vaaditaan lupa.			
Tyhjennä lomake			
<b>ASIAKASTIEDOT</b>			
Nimi		Henkilötunnus/Y-tunnus/Viestintäviraston asiakasnumero	
Jakeluosoite			
Postinumero ja -toimipaikka		Puhelin, telekopio, sähköposti	
Toimiala			
Yhteyshenkilö		Puhelin, telekopio, sähköposti	
<b>JÄRJESTELMÄN TIEDOT</b>			
<input type="checkbox"/> radiopuhelin		<input type="checkbox"/> muutos aiemmin hyväksyttyyn radioverkkosuunnitelmaan,	
<input type="checkbox"/> datasiirto		nro _____	
<input type="checkbox"/> henkilöhaiku		kanavan lisäys käyttössä olevaan radioverkkoon,	
<input type="checkbox"/> kaukokäyttö, kaukovaikonta, kauko-ohjeus, kaukomittaus		lupanro _____	
<input type="checkbox"/> muu, mikä _____			
Järjestelmän käyttötarkoitus			
Suunniteltu taajuusalue, MHz		Suunniteltu kanavan leveys	
		<input type="checkbox"/> 25 kHz <input type="checkbox"/> 12,5 kHz <input type="checkbox"/> muu, mikä _____	
Suunniteltu yhteyssiirto, km		Suunniteltu kanavamäärä	
Työskentelytapa			
<input type="checkbox"/> 1-taajuussimpleksi		<input type="checkbox"/> 2-taajuussimpleksi	
<input type="checkbox"/> semiduplexi		<input type="checkbox"/> duplexi	
Signaaliointi		Signaalinin kuvaus	
<input type="checkbox"/> puoliaavoin		<input type="checkbox"/> äänitaajuus	
<input type="checkbox"/> suijettu		<input type="checkbox"/> binäärinen	
		<input type="checkbox"/> standardi	
Järjestelmää koskevat lisätiedot			
_____			
Mikäli suunnitelmassa on useita tukiasemia tai kiinteitä asemia, voidaan se esittää myös taulukkomuodossa. Taulukkoon on täytettävä RVS-lomakkeessa kysytyt tiedot kaikista verkon tukiasemista tai kiinteistä asemista. Muokaa on liitettävä myös periaatekuva kiinteiden asemien välisistä yhteyksistä.			
Viestintävirasto Kommunikationsverket Finnish Communications Regulatory Authority www.ficora.fi radiotaaajuudet@ficora.fi		PL 313 • 00181 Helsinki Itämerenkatu 3 A Helsinki Puhelin (09) 69 661 Faksi (09) 69 66 410 Y-tunnus 0709019-2	
		PB 313, FIN-00181 • Helsingfors, Finland Östersjögatan 3 A Helsingfors, Finland Telefon +358 9 69 661 Telefax +358 9 6966 410 FO-nummer 0709019-2	
		P.O. Box 313, FIN-00181 • Helsinki, Finland Itämerenkatu 3 A Helsinki, Finland Telephone +358 9 69 661 Telefax +358 9 6966 410 Business ID 0709019-2	
Seuraava sivu			



## Liite 2. RVS-lomake. 2(2)

**TUKIASEMAN TIEDOT (esitettävä kaikista verkon tukiasemista tai kiinteistä asemista)**  
**Antennin sijoituspaikan tiedot**

Tyhjennä lomake

Kunta	Kunnanos
Lähtövoima	
Paikkatarkennus (esim. vesitorni, masto ja sen omistaja, rakennus tms.)	Aseman nimi
HAKEMUKSEEN ON LIITETTÄVÄ PERUSKARTAN (1:20 000) AG. KARTTALEHTI, JOHON ANTENNIN SIJAINTIPAikka ON MERKITTY.	


**Tekniset tiedot**

Lähtetimen lähtöteho, W	Antennin vahvistus, dB tai tyypimerkintä
Antennin korkeus maan pinnasta, m	Antennin korkeus meren pinnasta, m
Antennin suuntaavuus <input type="checkbox"/> ei suunnattu <input type="checkbox"/> suunnattu, suunta asteina _____ °, pääkeilan leveys asteina _____ °	
Antennikaapelin tyypimerkintä ja pituus, m tai valmistus, dB	
Tukiaseman ohjaustapa <input type="checkbox"/> kaapeli <input type="checkbox"/> radiolinkki <input type="checkbox"/> kiinteästi asennettu radiopuhelin (kiinteästi asennetusta ohjausasemasta tarvitaan myös tukiaseman tiedot)	
Puhelinverkkoon liittäminen <input type="checkbox"/> vaihteen kautta yleiseen puhelinverkkoon <input type="checkbox"/> tilaajajohtoon <input type="checkbox"/> automaattinen <input type="checkbox"/> käsisivälitteinen	Releointi <input type="checkbox"/> päilystajan kytkemänä <input type="checkbox"/> liikkuvan aseman koodisignaalin ohjaamana, käytetty koodi _____

**LIIKKUVIEN ASEMIEN TIEDOT**

Käyttökunta	Lähtetimen lähtöteho, W	Laitteiden määrä, kpl
-------------	-------------------------	-----------------------

**LAITETOIMITTAJAN TIEDOT (voidaan jättää täyttämättä)**

Yritys	
Jakeluosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	
Yhteyshenkilö	Puhelin/telekopio/sähköposti
<input type="checkbox"/> Haluan, että Viestintävirasto lähettää vastauksensa jäsennöksen laitepömittajalle	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; margin: 10px auto;">  </div>	
Paikka ja aika	Ailekirjoitus ja nimen selvennys (asiakkaan, asiakkaan palveluksessa olevan tai asiakkaan valtakirjalla valtuuttaman henkilön ailekirjoitus)

**Viestintäviraston merkinnät**

<b>TX</b> _____	Pvm, käsittelijä: _____
<b>RX</b> _____	_____

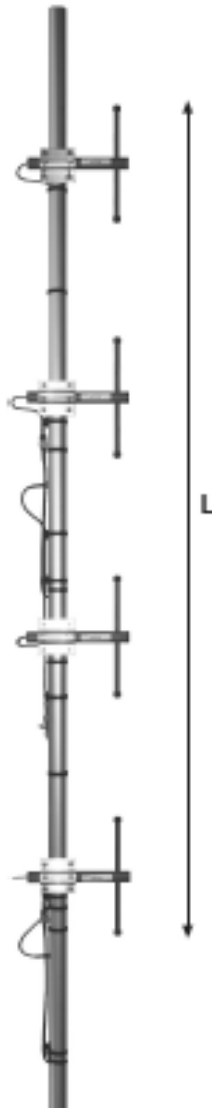
Lomakkeen alkuun

Valmis

Tulosta

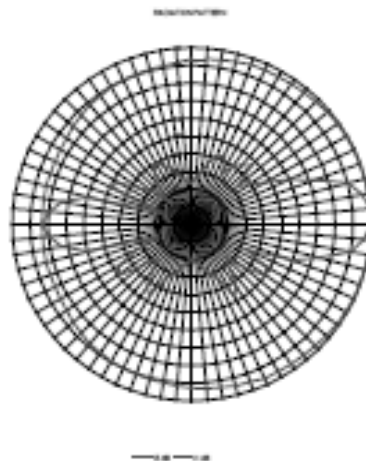
Liite 3. Päivityksessä käytettyjen antennien tyypit ja ominaisuudet. 1(4)

## ComAnt<sup>®</sup> Communications Antennas



### FREQUENCY INDEPENDENT DATA

Description:	offset pattern collinear, optional beam tilting
Frequency:	135-145 MHz, 144-156 MHz, 154-166 MHz, 163-177 MHz, 221-239 MHz, 326-353 MHz, 336-364 MHz, 365-395 MHz, 380-410 MHz, 405-440 MHz, 440-475 MHz,
Impedance:	50 ohm
Gain:	10 dBi
Polarization:	vertical
Connector:	N-female/TNC-female
VSWR:	< 1.5
Radome:	UV resistant ABS, RAL 7012, PU foam filling
Radiator:	copper
Attachment:	Ø 35-60 mm, aluminium alloy bracket, stainless steel V- bolts and self locking nuts
Lightning protection:	DC-short circuited
Temperature:	-40° - +80°C
IP:	67



**CompleTech**  
ComAnt<sup>®</sup> antennas by CompleTech, Finland

**CAC4** OFFSET PATTERN COLLINEAR

Liite 3. Päivityksessä käytettyjen antennien tyypit ja ominaisuudet. 2(4)

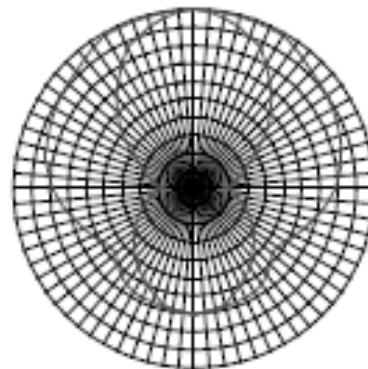
## ComAnt<sup>®</sup> Communications Antennas



### FREQUENCY INDEPENDENT DATA

Description:	directional stacked yagi array optional beam tilting
Frequency:	135-145 MHz, 144-156 MHz, 154-166 MHz, 163-177 MHz, 326-353 MHz, 336-364 MHz, 365-395 MHz, 380-410 MHz, 405-440 MHz, 440-475 MHz
Impedance:	50 ohm
Gain:	9 dBi
Polarization:	vertical/horizontal
Connector:	N-female/TNC-female
VSWR:	< 1.5
Radome:	UV resistant ABS, RAL 7012, PU foam filling
Radiator:	copper
Passive elements:	coated aluminium
Attachment:	Ø 35-60 mm, aluminium alloy bracket, stainless steel V- bolts and self locking nuts
Lightning protection:	DC-short circuited
Temperature:	-40° - +80°C
IP:	67

RADIATION PATTERN



— E-Plane — H-Plane

**CompleTech**  
ComAnt<sup>®</sup> antennas by CompleTech, Finland

**CAS2** DIRECTIONAL STACKED YAGI ARRAY

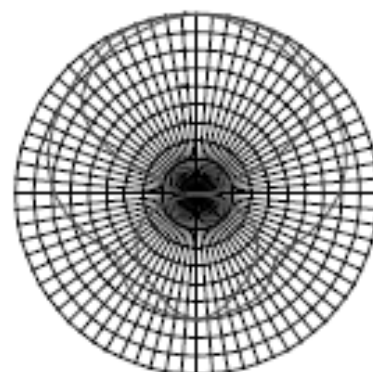
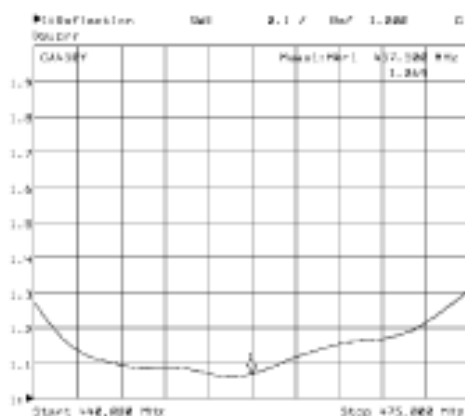
Liite 3. Päivityksessä käytettyjen antennien tyypit ja ominaisuudet. 3(4)

# ComAnt<sup>®</sup> Communications Antennas



## FREQUENCY INDEPENDENT DATA

Description: directional yagi  
 Frequency: 135-145 MHz, 144-158 MHz, 154-168 MHz, 163-177 MHz, 221-239 MHz, 328-353 MHz, 338-364 MHz, 385-395 MHz, 380-410 MHz, 405-440 MHz, 440-475 MHz, 830-890 MHz, 865-925 MHz, 890-960 MHz  
 Impedance: 50 ohm  
 Gain: 6 dBi  
 Polarization: vertical/horizontal  
 Connector: N-female/TNC-female  
 VSWR: < 1.5  
 Radome: UV resistant ABS, RAL 7012, PU foam filling, copper  
 Radiator: coated aluminium  
 Passive elements: ø35-60 mm, aluminium alloy  
 Attachment: bracket, stainless steel V-bolts and self locking nuts  
 Lightning protection: DC-short circuited  
 Temperature: -40° - +80°C  
 IP: 67



— 6 dBi — 0 dBi

**CompleTech**  
 ComAnt<sup>®</sup> antennas by CompleTech, Finland

DIRECTIONAL YAGI

CAY

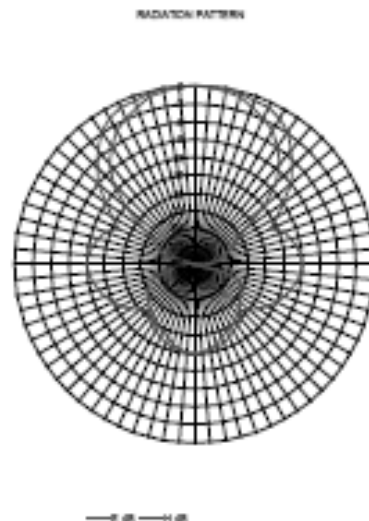
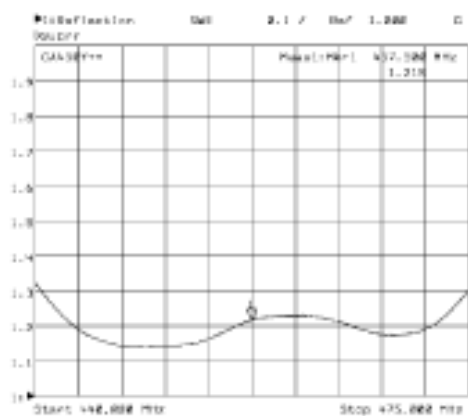
Liite 3. Päivityksessä käytettyjen antennien tyypit ja ominaisuudet. 4(4)

# ComAnt<sup>®</sup> Communications Antennas



## FREQUENCY INDEPENDENT DATA

Description: directional yagi  
 Frequency: 385-395 MHz, 328-353 MHz,  
 338-364 MHz, 380-410 MHz,  
 405-440 MHz, 440-475 MHz,  
 830-890 MHz, 865-925 MHz,  
 890-960 MHz  
 Impedance: 50 ohm  
 Gain: 10 dBi  
 Polarization: vertical/horizontal  
 Connector: N-female/TNC-female  
 VSWR: < 1.5  
 Radome: UV resistant ABS, RAL 7012,  
 PU foam filling  
 Radiator: copper  
 Passive elements: coated aluminium  
 Attachment: ø35-60 mm, aluminium alloy  
 bracket, stainless steel V-bolts and self locking nuts  
 Lightning protection: DC-short circuited  
 Temperature: -40° - +80°C  
 IP: 67

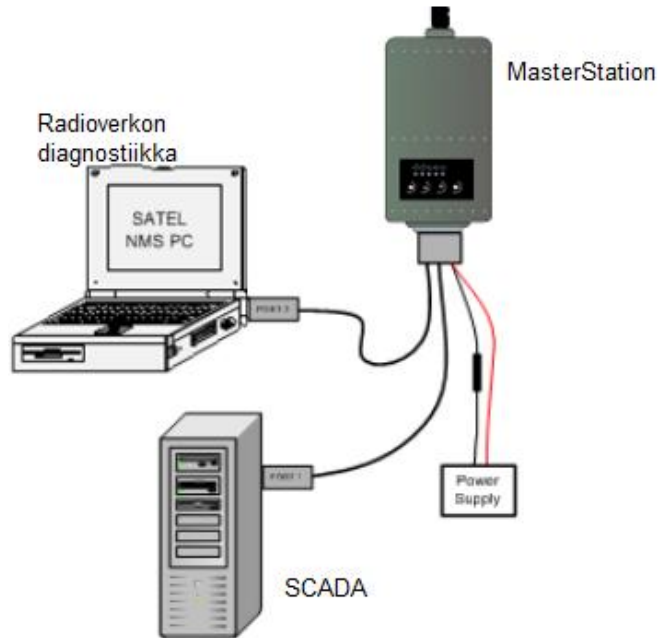


CompleTech

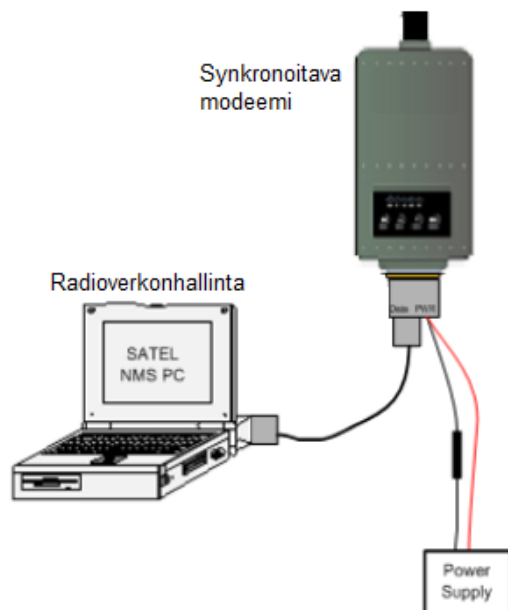
ComAnt antennas by CompleTech, Finland

CAY++ DIRECTIONAL YAGI

Liite 4. Modeemien kytkennät. 1(2)

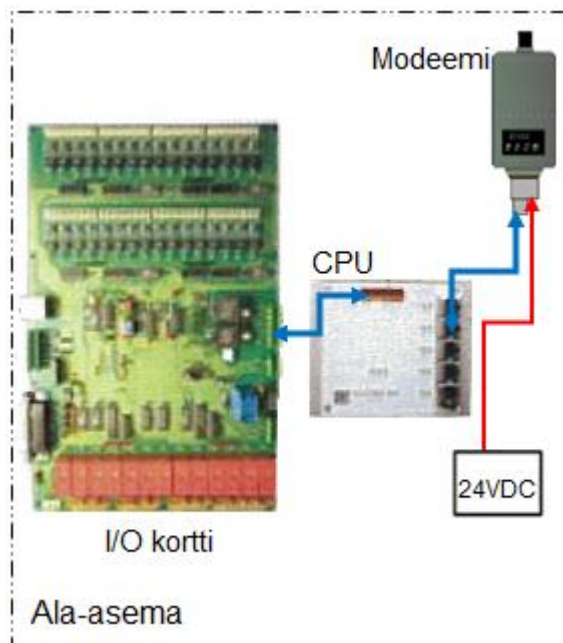


Liite 4, kuva A. Radioverkon ylläpitomodeemin kytkennät.



Liite 4, kuva B. Ala-asemamodeemin synkronointi.

## Liite 4. Modeemien kytkennät. 2(2)



Liite 4, kuva C. Kytkenät erotinasemalla.

## Liite 5. Satel NMS PC- monitoroinnin loki

20140606	10:17:23:776	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	6	EA028	GETVAL	1.111	
20140606	10:17:24:556	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	6	EA028	VALUE	1.111	-63
20140606	10:17:27:567	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	7	Kalli	GETVAL	1.111	
20140606	10:17:28:331	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	7	Kalli	VALUE	1.111	-84
20140606	10:17:31:342	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	9	EA019	GETVAL	1.111	
20140606	10:17:32:278	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	9	EA019	VALUE	1.111	-81
20140606	10:17:35:289	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	GETVAL	1.111	
20140606	10:17:44:915	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:17:47:926	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	GETVAL	1.111	
20140606	10:17:57:551	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:18:00:562	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	GETVAL	1.111	
20140606	10:18:10:187	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:18:13:198	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	GETVAL	1.111	
20140606	10:18:22:844	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:18:25:855	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	GETVAL	1.111	
20140606	10:18:35:484	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:18:38:496	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	GETVAL	1.111	
20140606	10:18:48:121	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:18:51:132	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:00:757	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:19:03:768	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:13:394	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:19:16:404	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:25:936	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:19:28:947	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:38:574	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	18	Testi talo	ERROR	1.111	Timeout
20140606	10:19:41:585	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	19	Testi kalli	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:42:505	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	19	Testi kalli	VALUE	1.111	-74
20140606	10:19:43:519	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	3	PK001	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:44:596	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	3	PK001	VALUE	1.111	-50
20140606	10:19:47:606	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	4	EA020	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:48:371	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	4	EA020	VALUE	1.111	-50
20140606	10:19:51:382	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	5	EA031	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:52:146	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	5	EA031	VALUE	1.111	-83
20140606	10:19:55:157	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	6	EA028	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:55:921	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	6	EA028	VALUE	1.111	-63
20140606	10:19:58:932	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	7	Kalli	GETVAL	1.111	
20140606	10:19:59:696	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	7	Kalli	VALUE	1.111	-84
20140606	10:20:02:707	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	9	EA019	GETVAL	1.111	
20140606	10:20:03:628	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	9	EA019	VALUE	1.111	-80
20140606	10:20:06:638	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	GETVAL	1.111	
20140606	10:20:16:264	localhost:55555:COM3,9600,8N1	Keminmaan Energia	16	EA033	ERROR	1.111	Timeout